



VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Fakulta výrobních strojů a konstruování

Návrh stavitelného systému pro světlomet osobního automobilu

Design of variable lighting system for headlight of personal vehicle

Student:

Jaroslav Vlachynský

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce:

Ing. Vladimír Zbožínek

Ostrava 2014

## Zadání bakalářské práce

Student: **Jaroslav Vlachynský**

Studijní program: **B2341 Strojírenství**

Studijní obor: **2302R010 Konstrukce strojů a zařízení**

Specializace: **21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení**

Téma: **Návrh stavitelného systému pro světlomet osobního automobilu**  
**Design of Variable Lighting System for Headlight of Personal Vehicle**

### Zásady pro vypracování:

Ve spolupráci s projektem StudentCar (realizovaném na Katedře materiálů a technologií pro automobily) vytvořte konstrukční návrh stavitelného světlometu pro osobní automobil. Zpracujte rešerši věnovanou konstrukčním řešením světlometů a schvalování konstrukčního celku automobilu na pozemní komunikaci dle EHS. Proveďte variantní řešení a pro vybranou konstrukci zpracujte podrobný 3D model a výkresovou dokumentaci (rozsah upřesní vedoucí práce). Vytipujte kritické uzly a zkontrolujte je výpočtem.

### Seznam doporučené odborné literatury:

KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8

KALÁB, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části pohonu strojů*. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1860-3

DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3

MORAVEC, V., HAVLÍK, J.: *Výpočet a konstrukce strojních dílů*. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1

NĚMČEK, M.: *Řešené příklady ČaMS Spoje*. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.**

Datum zadání: 17.02.2014

Datum odevzdání: 19.05.2014



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

### Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě      15. 5. 2014




podpis studenta

Tato bakalářská práce vznikla v rámci řešení projektu Student Car (Projekt výzkumu a vývoje).

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15. 5. 2014

  
.....  
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Jaroslav Vlachynský

Adresa trvalého pobytu autora práce:

68712, Javorovec 378

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

VLACHYNSKÝ, Jaroslav. *Návrh stavitelného systému pro světlomet osobního automobilu*. Ostrava, 2014. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava. Vedoucí práce: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

Cílem této bakalářské práce je navrhnout stavitelný systém světlometu osobního automobilu. Tuto bakalářskou práci lze rozdělit do jednotlivých úseků. V první části se zabývám rešerší mapující současný stav stavitelných systémů, světlometů a jejich komponent. Následující část je část praktická. Zahrnuje konstrukční návrh, okrajové podmínky a variantní řešení. V neposlední etapě bakalářské práce následuje rozbor varianty a analýzy s výpočty tohoto stavitelného systému. Jako závěrem se zabývám výkresovou dokumentací navržených částí finální varianty.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

VLACHYNSKÝ, Jaroslav. *Desing of Variable Lighting System for Headlight of Personal Vehicle*. Ostrava, 2014. Bachelor Thesis. VŠB - Technical University of Ostrava. Thesis head: Ing. Tomáš Kubín, Ph.D.

This bachelor thesis targets to suggest the system of variable lighting system for headlight of personal vehicle. The bachelor thesis could be divided into individual phases. The first part deals with research of current state of variable lighting systems, headlight and their components. The following section is a practical part. This section includes structural design, boundary conditions and alternative solutions. In the penultimate bachelor's thesis stage follows the parsing of finale variant and analysis with calculations of the variable lighting system. At the last phase is the attention devoted to drawing documentation designed parts of finale variant.

**Obsah**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>1 TECHNICKÝ NÁVRH .....</b>	<b>11</b>
1.1 ZADAVATEL.....	11
1.2 STAVITELNÝ SYSTÉM PRO ŘÍZENÍ SKLONU SVĚTLOMETŮ .....	13
1.3 DEFINICE .....	14
1.4 SYSTÉMY ŘÍZENÍ SKLONU SVĚTLOMETŮ .....	15
1.5 SVĚTELNÉ ZDROJE .....	15
1.6 DRUHY OSVĚTLOVACÍCH JEDNOTEK .....	18
1.7 MATERIÁLY SVĚTLOMETŮ .....	23
<b>2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH.....</b>	<b>24</b>
2.1 OKRAJOVÉ PODMÍNKY .....	24
2.2 UMÍSTĚNÍ ŘÍDÍCÍCH JEDNOTEK .....	28
2.3 VARIANTNÍ NÁVRHY .....	29
2.4 VYHODNOCENÍ VARIANT .....	33
<b>3 ROZBOR VYHODNOCENÉ VARIANTY.....</b>	<b>34</b>
<b>4 VÝPOČTY A MKP .....</b>	<b>41</b>
4.1 KONTROLA STAVITELNÉHO ŠROUBU .....	41
4.2 STATICKÁ ANALÝZA NÁVRHU .....	43
<b>5 ZÁVĚR .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY: .....</b>	<b>54</b>
<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>56</b>

**Seznam použitých značek a symbolů:**

D1	Vnitřní průměr matice	[mm]
G <sub>Z</sub>	Zatěžující síla	[N]
P	Stoupání závitu	[mm]
d	Jmenovitý průměr závitu	[mm]
d' <sub>3</sub>	Předběžný vnitřní průměr závitu	[mm]
d <sub>2</sub>	Střední průměr závitu	[mm]
d <sub>3</sub>	Vnitřní průměr závitu	[mm]
g	Gravitační zrychlení	[m.s <sup>-2</sup> ]
k	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
k <sub>s</sub>	Statická bezpečnost	[-]
m <sub>Z</sub>	Zatěžující hmotnost	[kg]
n	Počet nosných šroubů	[-]
p <sub>D</sub>	Dovolený tlak v závitu	[MPa]
β	Součinitel vlivu krutu	[-]
π	Pí	[-]
σ	Napětí v tahu	[MPa]
σ <sub>D</sub>	Dovolené napětí v tahu	[MPa]



**Seznam použitých zkratek:**

AFS	Adaptivní světlometový systém
ABS	Systém proti zablokování kol (Anti- blokiert System)
EPDM	Přez
ESP	Elektronický stabilizační systém
HID	Xenonová výbojka (High- Intensity Discharge)
LED	Světlo emitující dioda (Light Emitting Diode)
LPP	Termoplast
LWR	Řízení sklonu světlometu (Leucht Weiten Regulierung)
MPa	Mega Pascal
N	Newton
PA6+GF	Polyamid
PBT	Polybutylentereftalát
PC	Polykarbonát
PC-HT	Polykarbonát (polymer)
POM	Polymer
PP-TD	Polypropylen
UP-GF	Polyester
3D	Trojrozměrný
atd.	A tak dále
mm	Milimetr
obr.	Obrázek

## ÚVOD

Automobilový průmysl započal v roce 1885. Od této doby prošel vývoj v tomto průmyslu mohutným rozvojem. Nyní je jedním z nejdůležitějších průmyslů, který prošel stádiem od ruční výroby až po plně automatizované výrobní linky. První sériovou výrobu zavedl Henry Ford.

V dnešní době jsou hlavní témata v „automobilových závodech“ ekonomický provoz a ekologická výroba. Automobily jsou taky ovlivňovány různým elektronickým vybavením jako parkovací senzory a asistenty, ABS, ESP, atd. Ale ovlivňují je taky jiné faktory jako třeba design, snižování emisí, ochrana chodců a jiné.

Světlomety jsou jedny z prvků, které velmi podléhají designu, a upravují tak i celkový vzhled automobilu. První elektronický světlomet byl vyroben v roce 1898. Novinkou posledních let jsou LED (Light Emitting Diode) světlomety. První celo-led diodový světlomet vyvinula firma Hella pro automobil Audi A8. Se zdokonalením světlometů přišly také stavitelné systémy pro řízení sklonu světlometů LWR (LeuchtweitenRegulierung). Současným trendem světlometů je adaptivní řízení AFS. Adaptivní světlometový systém zlepšuje osvětlení vozovky při odbočování a jízdě zatáčkou (natáčí se s volantem), při jízdě městem či dálnicí, ale také při špatném osvětlení. Světlomet slouží hlavně proto, abychom viděli, byli viděni a neoslňovali.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě základní části, a to část teoretickou a část praktickou. V první části se zabývám hodnocením současného vývoje stavitelných systémů. Dále zde sleduji vývoj světelné techniky a taky sleduji trendy v osvětlovacích jednotkách. V druhé části mé bakalářské práce se věnuji návrhu vlastního řešení stavitelného systému pro světlomet. Navržením předběžných variant, pevnostních výpočtů až po technickou dokumentaci.

Tato práce vznikla, díky projektu Student Car (TA01030430). Kvůli požadavkům zadavatele je utajen výkres „Kontrola úhlů a umístění světlometů“ VLA-00-35-00. Plná verze bakalářské práce je k nahlédnutí u Ing. Tomáše Kubína, Ph.D.

## 1 TECHNICKÝ NÁVRH

V první části této kapitoly se zabývám definicí dle příslušné normy. V druhé části rozebírám druhy světelných zdrojů a v poslední části jsou uvedeny různé druhy osvětlovacích jednotek.

### 1.1 Zadavatel

Toto téma bakalářské práce vzniklo díky požadavkům a technickým možnostem Katedry materiálů a technologií pro automobily 632. Jejichž prvotním požadavkem bylo sestavit stavitelný systém pro světlomet osobního automobilu.

#### a) Laboratoř technologie stavby automobilů

Laboratoř se zaměřuje na montáže prototypů sportovních vozů, řešení grantových úkolů, výuku svařování a montáží. Dále jsou v laboratoři umístěny obráběcí stroje. [17]



*Obr. 1.13 Fotografie dokumentující vybavení laboratoře technologie stavby automobilů [17]*

#### b) Laboratoř testování automobilů

Laboratoř obsahuje dvě velmi unikátní pracoviště pro kompletní testování automobilů.

##### - Pracoviště pro testování motorů

První pracoviště je vybaveno hydrodynamickou motorovou brzdou SF-902. Celá

konstrukce měřicí kobky je dokonale odhlučněna a vstup je opatřen protihlukovými dveřmi. Proces testování je vizuálně sledován soustavou kamer. Pracoviště je navrženo s ohledem na testování sportovních motorů. [17]



*Obr. 1.14 Fotografie dokumentující vybavení pracoviště pro testování motorů [17]*

#### **- Pracoviště pro dynamické testování konstrukčních uzlů a automobilů**

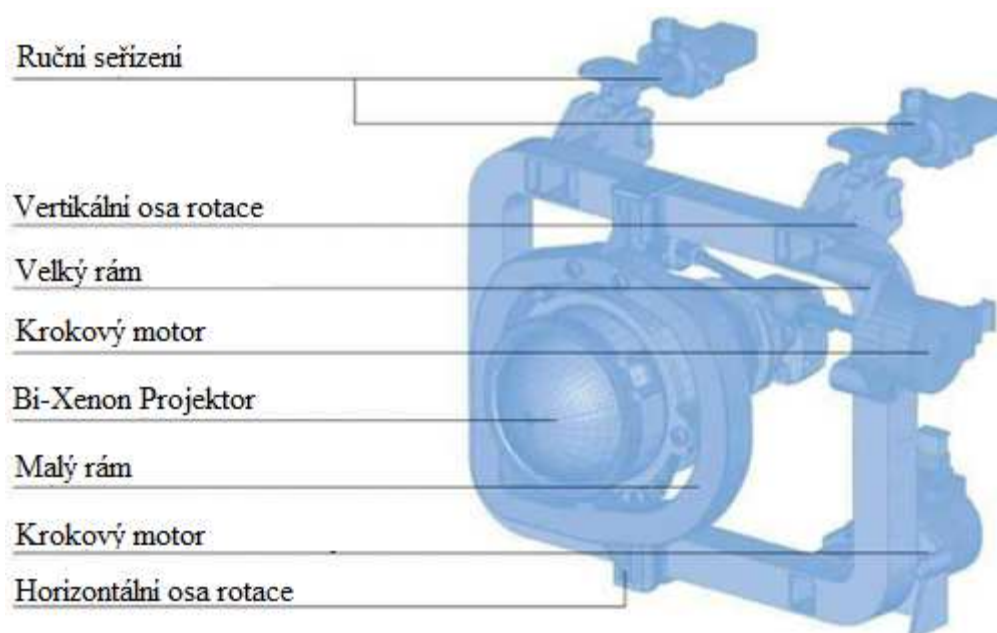
Základ pracoviště tvoří pneumatický odpružený upínací stůl, který je na obrázku 1.15. Na tomto stole se pomocí systému přípravků staví úlohy zaměřené na kombinované namáhání automobilových součástí při dynamickém režimu zatížení. Vyvození požadovaného režimu dynamického zatížení zajišťují elektrohydraulické válce. Celé pracoviště má stavebnicové uspořádání, v roce 2010 bylo rozšířeno o další čtyři zátěžné osy. [17]



*Obr. 1.15 Fotografie dokumentující vybavení pracoviště pro dynamické testování konstrukčních uzlů a automobilů [17]*

## 1.2 Stavitelný systém pro řízení sklonu světlometů

Automobil bez stavitelného řízení sklonu světlometů může negativně ovlivnit bezpečnost provozu v dopravě. Při zatížení zadní části automobilu se přední část automobilu pozvedne a může dojít k oslnění protijedoucích vozidel. Dnes již existuje několik typů systémů řízení sklonu světlometu. Jeden z nejnovějších typů je systém AFS, který umožní lepší viditelnost vozovky za různých podmínek a zamezuje oslnění účastníků silničního provozu.



Obr 1.1 AFS [2]

Pro moji bakalářskou práci jsem si vybral z důvodu nenáročné výroby a absence elektroniky šroubový stavitelný systém světlometů a ten se skládá ze 4 šroubů, dvou rámu a ramen. Šrouby slouží k nastavení sklonu světelného kužele světlometu. V posledních letech konstrukce stavitelných systémů světlometů směřuje spíše k adaptivním světlometovým systémům a zvyšování pohodlí uživatelů automobilů.

Na Obr. 1.1 je znázorněn adaptivní světlometový systém, který je v současné době používán v produkčních automobilech.

### 1.3 Definice

Tato kapitola obsahuje definice z předpisu EHK48 „Montáž osvětlení motorových vozidel“ (E/ECE/324) ze dne 16. října 1996 [6]. Tyto definice jsou důležitou součástí pro tuto bakalářskou práci.

#### a) Světlo

Světlo je zařízení konstruované k osvětlení vozovky.

##### - *Tlumené světlo*

Znamená světlo, užívané k osvětlení vozovky před vozidlem, aniž by nepatřičně oslňoval nebo obtěžoval řidiče, přijíždějící z opačného směru nebo jiného uživatele vozovky.

##### - *Dálkové světlo*

Znamená světlo, užívané k osvětlování vozovky na velkou vzdálenost před vozidlem.

##### - *Světlo do mlhy*

Znamená světlo zlepšující osvětlení vozovky za mlhy, sněžení, bouřky nebo v mračnách prachu.

#### b) Svítilna

Je zařízení k vysílání světelného signálu ostatním uživatelům silnice.

##### - *Směrová svítilna*

Znamená svítilnu, sloužící k informaci pro ostatní uživatele silnice, že řidič chce měnit směr vpravo nebo vlevo.

##### - *Denní svítilna*

Znamená svítilnu, která směřuje dopředu a která činí vozidlo snadněji viditelné za jízdy ve dne.

##### - *Přední obrysová svítilna*

Znamená svítilnu, užívanou k označení přítomnosti vozidla a jeho šířky při pohledu zepředu.

## 1.4 Systémy řízení sklonu světlometů

Kapitola pojednává o systémech, kterými se buď nastavují, seřizují nebo natáčí světlometry.

### a) LWR- Řízení sklonu světlometu

- Manuální
- Automatické
- Dynamické

### b) AFS- Adaptivní světlometový systém

- Světla do zatáčky:
- statické
  - dynamické:
    - I. Corner Light- světlomet se zapíná s natočením volantu
    - II. Low AFS- systém halogen
    - III. AFS- systém xenon
    - IV. AFS High- systém xenon

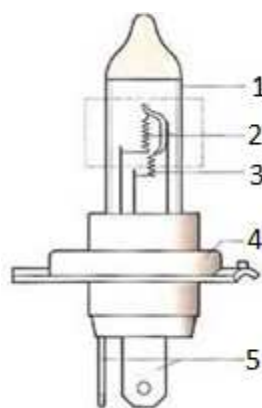
## 1.5 Světelné zdroje

Jsou to zdroje elektromagnetického záření v rozsahu vlnových délek zhruba 380-780nm, což je záření, které je pozorovatelné lidským okem jako viditelné světlo. Rozděluje se na přírodní a umělé. [8] Mezi světelné zdroje se řadí:

### a) Halogenové žárovky

Využívají efekt rozžhaveného vlákna, kterým prochází elektrický proud. Žárovky jsou plněny halogenovým plynem (nejčastěji metylbromidem). Oproti běžným žárovkám na halogenové žárovky (viz obr. 1.2) nemá vliv ani časté vypínání a zapínání. U těchto žárovek je použito křemenné sklo, kvůli vyšším teplotám. [2]

- 1 – baňka žárovky
- 2 – vlákno žárovky tlumeného světla s krytkou
- 3 – vlákno žárovky dálkového světla
- 4 – držák žárovky
- 5 – elektrické připojení (konektor)



Obr. 1.2 Halogenová žárovka [2]

### b) Xenonové výbojky

Využívají výboj s velkou intenzitou, proto se nazývají taky HID (High-Intensity Discharge). Nemají vlákno, a proto svítí díky elektrickému oblouku, který vzniká mezi dvěma elektrodami. Světlo vzniká v řízeném výboji v plynné náplni. Výbojka obsahuje křemíkový hořák s obsahem xenonu, příměsí kovů a dalšími přísadami. [2,4]

HID (viz obr. 1.3) vytváří v porovnání s halogenovou žárovkou (viz obr. 1.2) dvojnásobné množství světla (až 3200 lumenů). Životnost těchto výbojek je více jak 6 krát delší než u halogenových žárovek. Životnost je vyšší než 3000 hodin. HID potřebují ke správné funkci podpůrné systémy jako řídicí jednotku a startér. [2,4]

Pro xenonové světlomety předpisy stanovují, že vůz musí být vybaven automatickým nastavováním jejich sklonu a ostřikovačem světlometů. Pokud ale mají xenonové výbojky svítivost 2000 lumenů a méně automatické nastavování světlometu nemusí být užito. [2,4,6]



Obr. 1.3 Xenonová výbojka (HID) [10]



**c) LED**

LED znamená světlo emitující dioda (Light Emitting Diode). Funguje na principu polovodičových destiček, které transformují elektrický proud přímo na světlo. Životnost tohoto světelného systému je 50 až 100 hodin, což odpovídá 10 letům nepřetržitého svícení. [2]

Pokrývá celé barevné spektrum, bílá, červená a žlutá pro světlomety a svítilny. LED je mnohonásobně hospodárnější než ostatní konvenční světelné zdroje. Malé rozměry LED světel (viz obr. 1.4) umožňují variabilní design a nabízí možnost spojení více svítilen společně (např. obrysovou svítilnu se směrovou). [2,9]



*Obr. 1.4 LED svítilna Audi A7 [7]*

**d) Laser light**

Naprostou novinkou v osvětlovací technice u automobilů se objevily laser světlomety. Tyto světlomety poprvé představila automobilka BMW na svém hybridním sportovním voze BMW i8 (viz obr. 1.5). Technologie laser světlometů je úspornější než LED světlomety a má taky 1000 krát větší svítivost. [15]

Princip světloometu spočívá v třech modrých laserech, umístěných v zadní části montáže, které svítí na nastavená zrcadla, jež soustředí laserovou energii na čočku naplněnou žlutým fosforem. Po přechodu skrze žlutý fosfor čočka emituje intenzivní bílé světlo. Tento svazek intenzivního bílého světla z čočky přechází k reflektoru, kde se odráží a rozptyluje se směrem vpřed. [15]



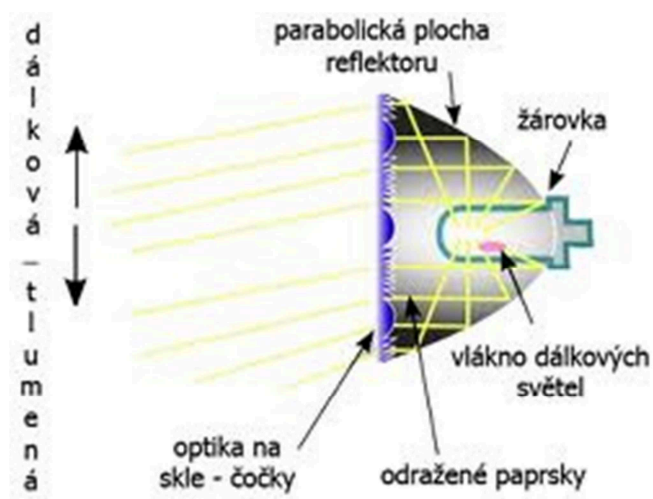
*Obr. 1.5 Laser světlomet [16]*

## 1.6 Druhy osvětlovacích jednotek

Hlavní funkcí osvětlovacích jednotek je usměrnit světlo ze světelného zdroje a přenést toto světlo na silnici. Světlo může být přenášeno přímo a nepřímo (přes čočku). Přenesené světlo musí být příslušně rozptýleno na silnici a okrajích silnice. Rozlišujeme tyto osvětlovací jednotky:

### a) Parabolický reflektor s optikou na skle

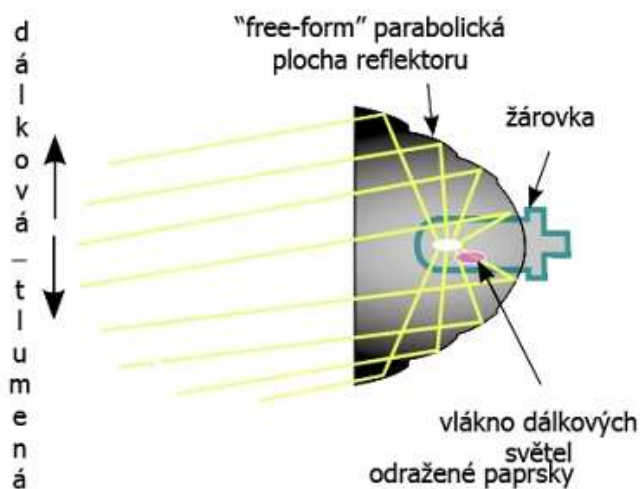
Světlo je založeno na principu paraboloidního zrcadla a světelný zdroj je umístěn v okolí ohniska paraboloidu (viz obr. 1.6). Světlo, které vychází ze světelného zdroje, se odráží od paraboloidu, prochází optikou a vytváří světelný svazek, jehož výsledný projektovaný světelný paprsek je paralelní. Světelný zdroj je halogenová žárovka. Používá se u automobilu Škoda Felicia. [2]



Obr. 1.6 Parabolický reflektor s optikou na skle [12]

### b) Reflektorová optika

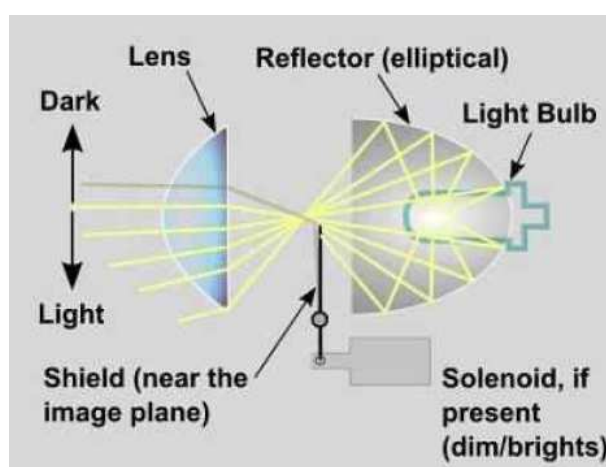
Je to optika založena na konceptu „free-form“ reflektoru, což je inteligentní rozložení plochy reflektoru na části (viz obr. 1.7). Každá z částí odráží světlo do určité oblasti vozovky. Výpočet těchto reflektorových částí se provádí pomocí počítače. Tato reflektorová optika se dále dělí na fazetový reflektor a FF reflektor. Reflektorová optika musí mít krycí sklo, které se vyrábí ve většině případů z polykarbonátu (PC) nebo skloviny. Světelným zdrojem jsou, buď to halogenové žárovky, nebo xenonové výbojky. Tento typ reflektorové optiky se používá u automobilu Škoda Fabia. [2]



Obr. 1.7 Free- form reflektorová optika [13]

### c) Projekční optika

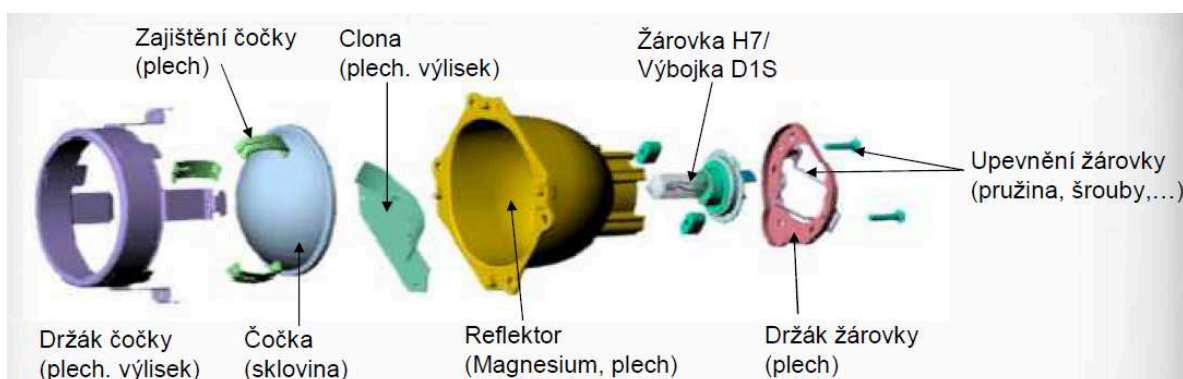
Světlo je emitováno světelným zdrojem a po odrazu od reflektoru prostupuje ohniskem čočky. Mezi reflektorem a čočkou je clonka, jejíž obrys je čočkou projektován na silnici (viz obr. 1.8). Tato optika vyžaduje krycí sklo bez optiky a vyrábí se rovněž jako u předchozí varianty z polykarbonátu (PC) nebo ze skloviny. Světelným zdrojem jsou halogenové žárovky nebo xenonové výbojky. Projekční optika se dělí na DE modul a BI modul. Tato optika se používá u automobilu Škoda Superb. [2,11]



Obr. 1.8 Projekční optika [11]

#### - DE modul

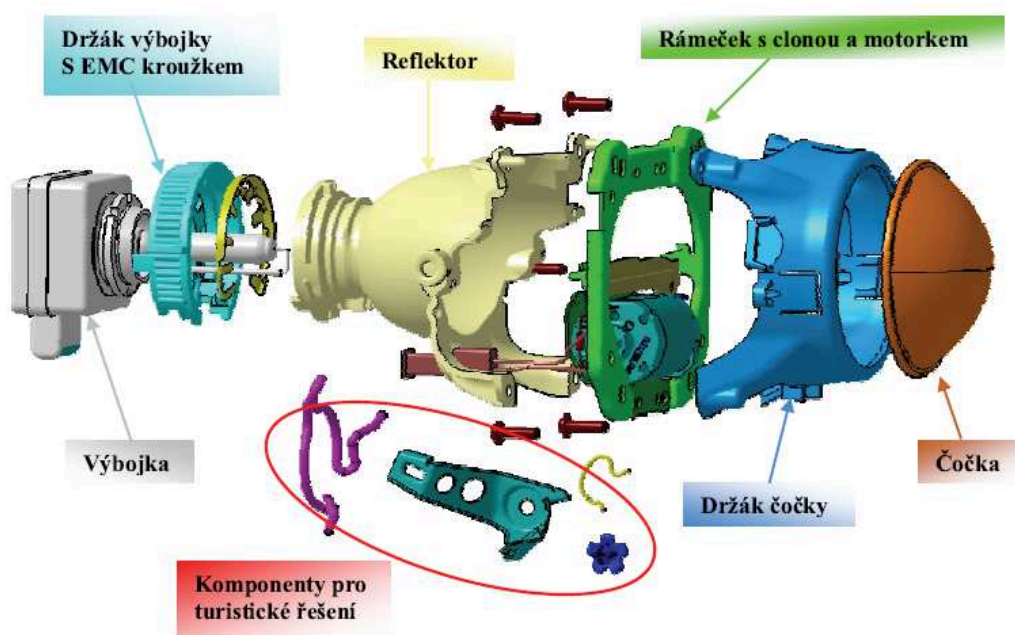
Je to modul tlumeného světla, případně samotný modul dálkového světla. Clonka tvoří obrys světla na vozovce a je ve fixní poloze. Nejčastější průměry těchto modulů jsou 63 a 70 mm. [2]



Obr. 1.9 Rozložený DE modul [2]

### - BI modul

Tento modul pomocí jedné čočky a jedné žárovky (výbojky) vytváří spojení tlumeného i dálkového světla. Přepínání mezi těmito svazky je realizované pomocí elektromagnetu, který ovládá clonku. Tento systém má svoji řídicí jednotku (viz obr. 1.11). Výhodou tohoto modulu je úspora místa a nákladů, ale i také prodloužení životnosti světelného zdroje. Jako světelný zdroj se používá xenonová výbojka nebo halogenová žárovka. [2,11]



Obr. 1.10 Rozložený BI modul [5]

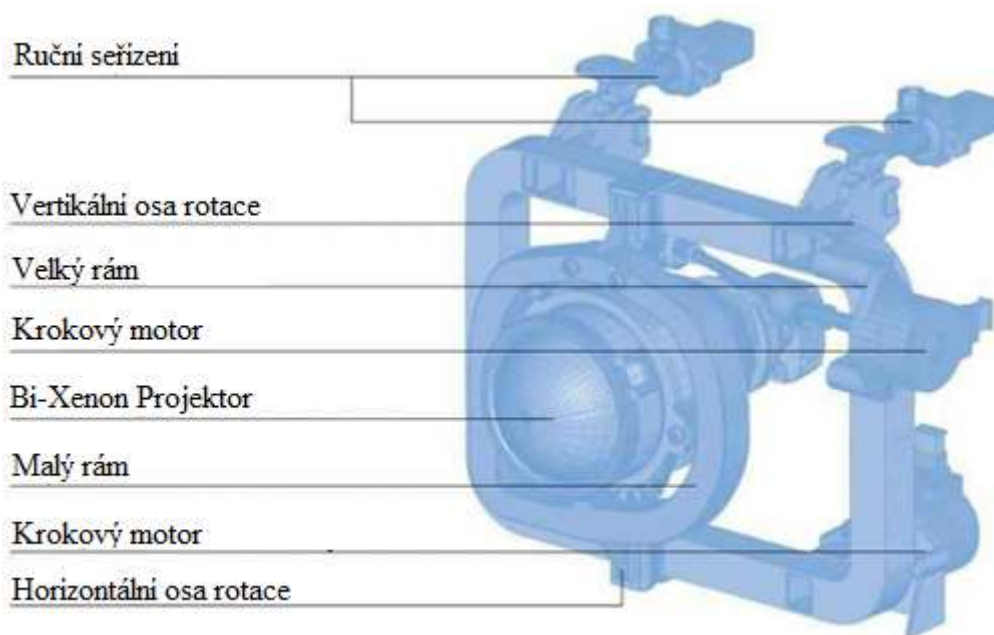


Obr. 1.11 Řídicí jednotka BI modulu [2]

- **AFS (Adaptivní světlometový systém)**

Je složen z několika jednotlivých světelných jednotek, z nichž každá vyzařuje specifický světelný svazek. Činnost těchto jednotek (zapnutí vypnutí; změna rozložení světelného svazku; horizontální či vertikální natočení; apod.) je automaticky řízena v závislosti například na rychlosti vozidla, úhlu natočení volantu, zapnutí nebo vypnutí směrových světel, signálu navigačního systému, apod. [2,3]

V průběhu jízdy mění se kombinací světelných svazků individuálních jednotek je vytvářen nejvhodnější celkový svazek. Řidiči je tak poskytována největší možná viditelnost dle aktuálních jízdních a povětrnostních podmínek. Tento systém je řízen řídícími jednotkami. [2,3]



Obr. 1.12 AFS [2]

## 1.7 Materiály světlometů

Krycí sklo	Polykarbonát (PC)
Těleso	Polypropylen (PP-TD40)
Krycí rámek	Polykarbonát, polybutylentereflatát (PC-HT, PBT)
Reflektor H4	Polyester, termoplast (UP-GF, LPP, BMC)
Krytka výměny žárovek	Přez (EPDM, EPDM+PP-T40)
Filtr blinkru	Polykarbonát (PC, PC-HT)
Seřizovací elementy	Polyamid, polymer (PA6+GF, POM)



## 2 KONSTRUKČNÍ NÁVRH

Úkolem bylo navrhnout stavitelný systém pro světlomet a jeho následné ukotvení k rámu automobilu. Požadavkem bylo, aby stavitelný systém splnil normu EHK 48 [6]. Materiál stavitelného systému uvažuji ocel, slitinu oceli nebo slitiny hliníku.

V této kapitole jsem navrhnul různá provedení stavitelných systémů. Úkolem je navrhnout systém pohybu, který umožní pohyb otočný horizontální a otočný vertikální.

### 2.1 Okrajové podmínky

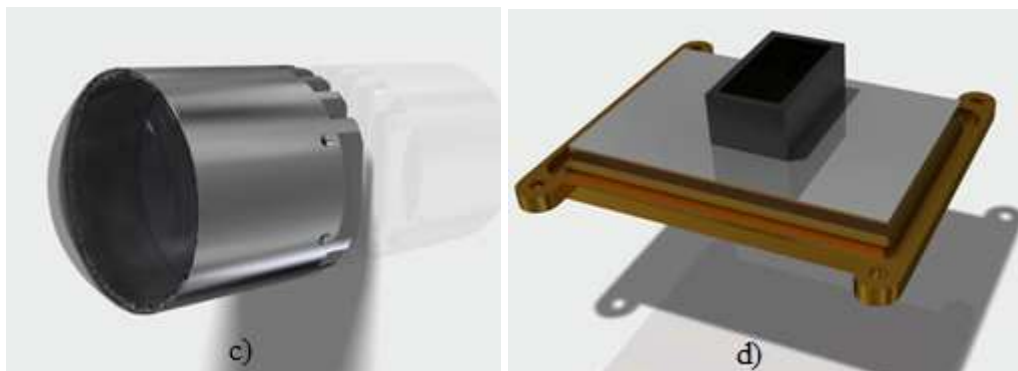
Při návrhu stavitelného systému jsem se musel potýkat s mnoha omezujícími podmínkami, které mi ovlivňovali konečný návrh stavitelného systému světlometu a jeho konečné uložení na rám karosérie. Tyto okrajové podmínky se mohou rozdělit do několika skupin:

#### a) Zadané součásti

Při zadání této bakalářské práce jsem dostal od zadavatele dva hotové světlometry, projekční optiku, řídicí jednotky světlometů (3D modely a reálné součásti), od kterých jsem musel odvíjet moji bakalářskou práci. Byly zde možné úpravy na světlometu, které však nemohou zasáhnout do jejich funkčnosti. Úpravy jsem zahrnul a využil ve své bakalářské práci.





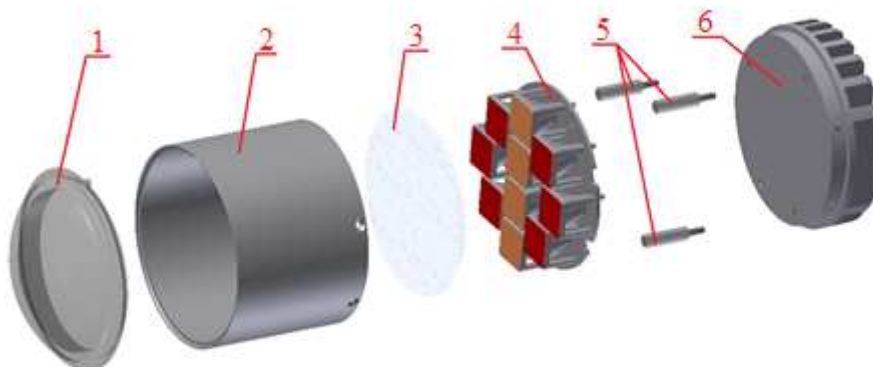


*a) Projekční optika; b) Bi-xenon; c) LED světlomet; d) Řídící jednotka LED světlometu; e) Řídící jednotka Bi-xenon světlometu*

## - Rozbor světlometů

Rozpadové schémata světlometu byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor Professional 2013 v prezentaci.

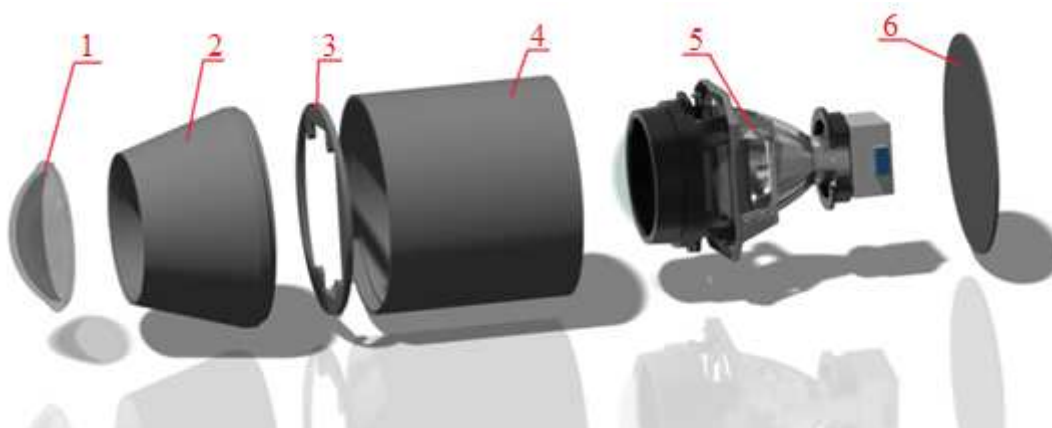
### Malý LED světlomet



*Obr. 2.1 Rozpadové schéma malého světlometu*

1- Krycí sklo tubusu světlometu; 2- Difuzor; 3- LED board; 4- Distanční šestihran;  
5- Chladič světlometu

### Velký Bi-xenon světlomet

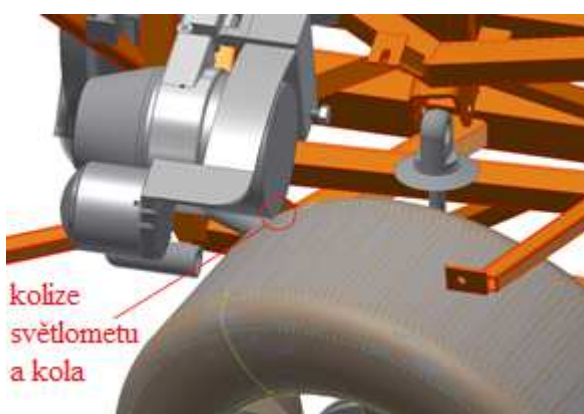
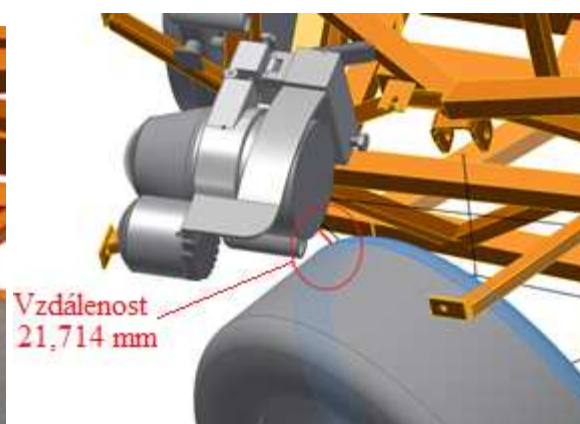
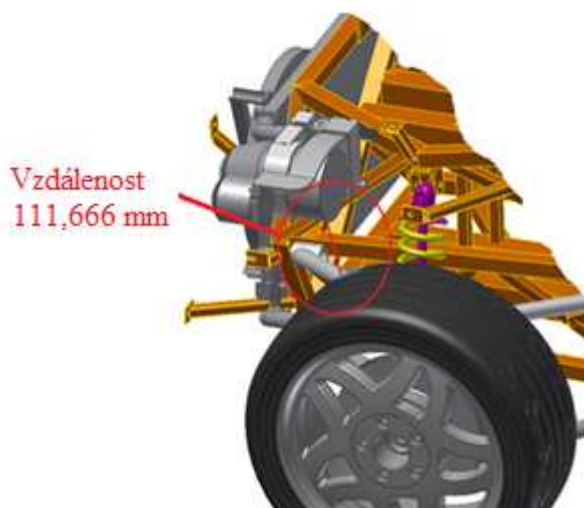


*Obr. 2.2 Rozpadové schéma velkého světlometu*

1- Krycí sklo; 2- Kuželovité zúžení světlometu; 3- Konzole pro projekční optiku; 4- Tubus světlometu; 5- Projekční optika; 6- Víko světlometu

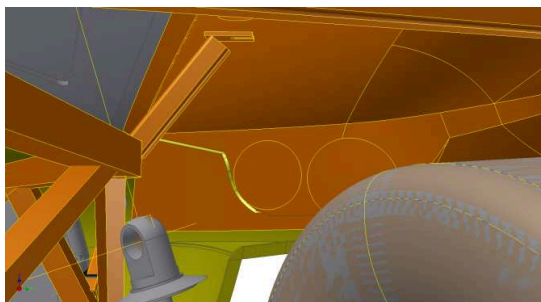
**b) Kolize světlometu, podběhu a kola**

Tato kolize ovlivňovala délku těla světlometu, vystrčení světlometu z karosérie a umístění světlometu. Hlavním problémem této kolize bylo kolo v maximálním propružení a maximálním natočení. Odstranění této kolize vyžadovalo úpravu světlometu, a to zkrácení tubusu velkého světlometu o 10 mm a výrobu nového víka tohoto světlometu. Mezi další úpravu patřilo nastavení tlumičů, a to snížení maximálního propružení předních kol automobilu. Tlumiče byly sníženy z 50 mm na 30 mm, což nám dalo 50 mm maximálního propružení na kole.

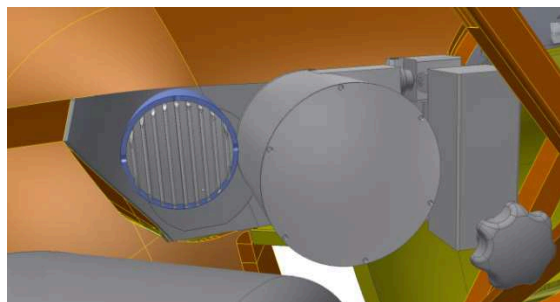
*Obr.2.3 Původní kolize**Obr.2.4 Vyřešená kolize úpravami**Obr. 2.5 Provozní propružení kol*

### c) Prostorové omezení

Z důvodu prostorového omezení vzhledem ke karoserii, rámu a kolům automobilu jsem musel najít ideální umístění světlometů a stavitelného systému světlometu.



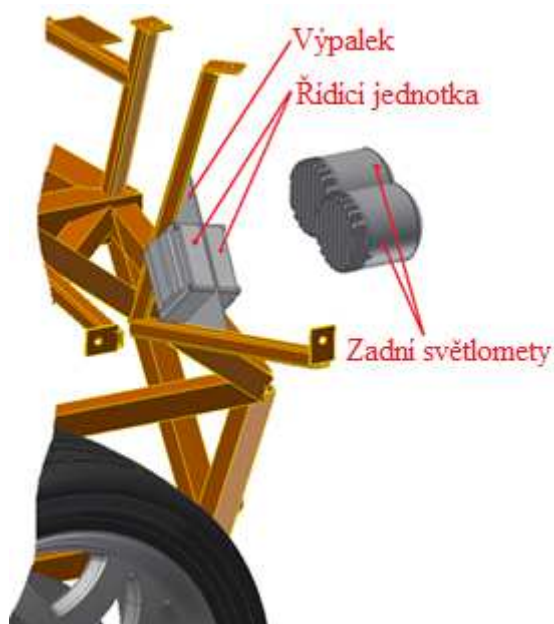
Obr. 2.6 Omezující prostor 1



Obr. 2.7 Omezující prostor 2

## 2.2 Umístění řídicích jednotek

Dalším úkolem této bakalářské práce bylo umístění řídicích jednotek světlometu do sestavy. S tímto úkolem jsem namodeloval výpalek, na který se umístí 2 řídicí jednotky (pro každý světlomet jedna). Řídicí jednotka musí být utěsněna a chráněna proti vlhkosti.



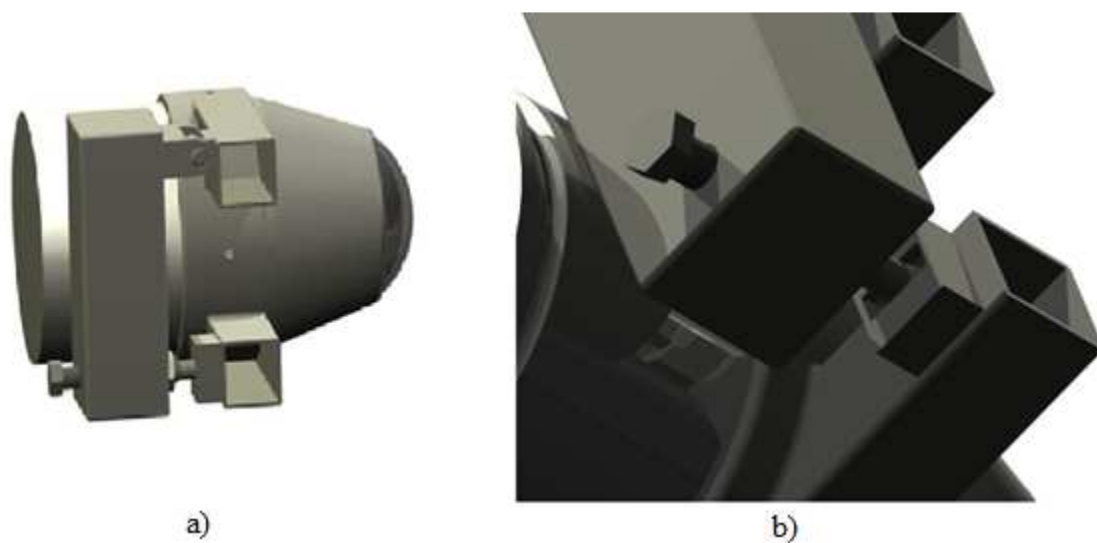
Obr. 2.8 Řídicí jednotky zadních světel

## 2.3 Variantní návrhy

V této podkapitole uvedu návrhy stavitelných systémů pro světlomet. 3D modely těchto systémů jsem vytvářel v programu Autodesk Inventor Professional 2013.

### a) Varianta 1

Varianta nabízí pouze horizontální otáčení světlometu. Je zde použit stavitelný šroub, který je zajištěný kontra maticí. Kontra matice slouží k zajištění proti uvolnění při vibracích a tak zajistí stabilní nastavení světlometu.



Obr. 2.9 Variantní řešení číslo 1

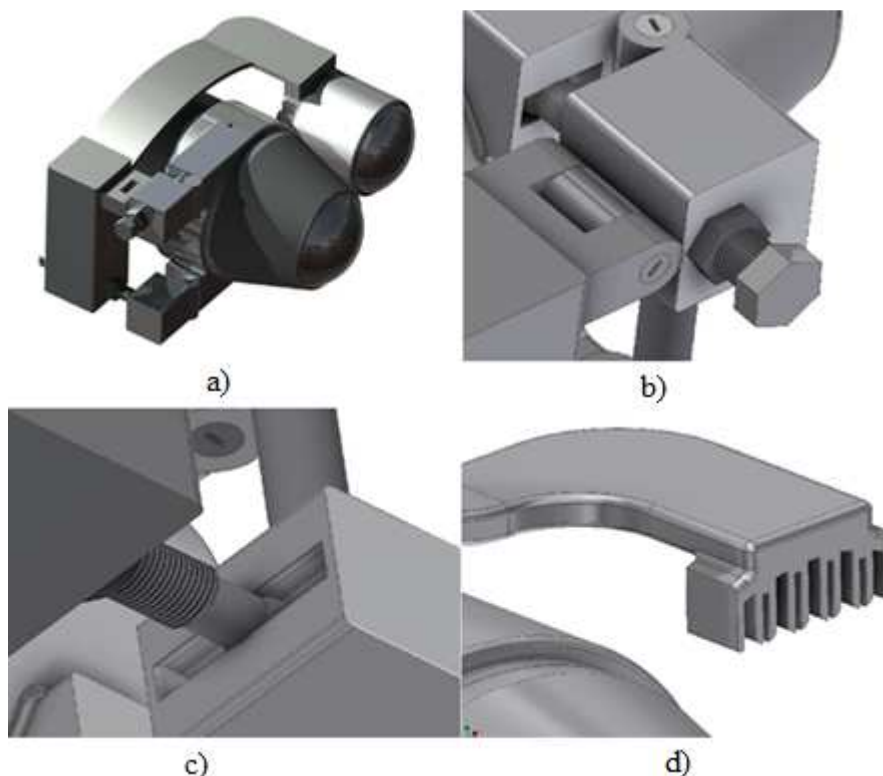
a) pohled na celý stavitelný systém; b) detail stavitelného šroubu

Šroub zde prochází skrze skříň (plný materiál), kde ve skřini je závit, a je zajištěn kontra maticí. Uložení šroubu v objímce je realizováno pomocí kulové plochy (viz obr. 2.9). Tímto uložením se u šroubu sníží hodnoty namáhání ohybem.

Přípevnění malého světlometu je zde realizováno přilepením přímo na karosérii automobilu. Pro toto připevnění byl vymyšlen tubus, který se spojí s karosérií a poté se do tohoto tubusu přilepí malý světlomet. Tubus připojený ke karosérii je nastaven v základním nastavení.

**b) Varianta 2**

Mechanismus je zde podobný jako u varianty 1, ale je zde rozšířen o vertikální pohyb světlometu.



*Obr. 2.10 Variantní řešení číslo 2*

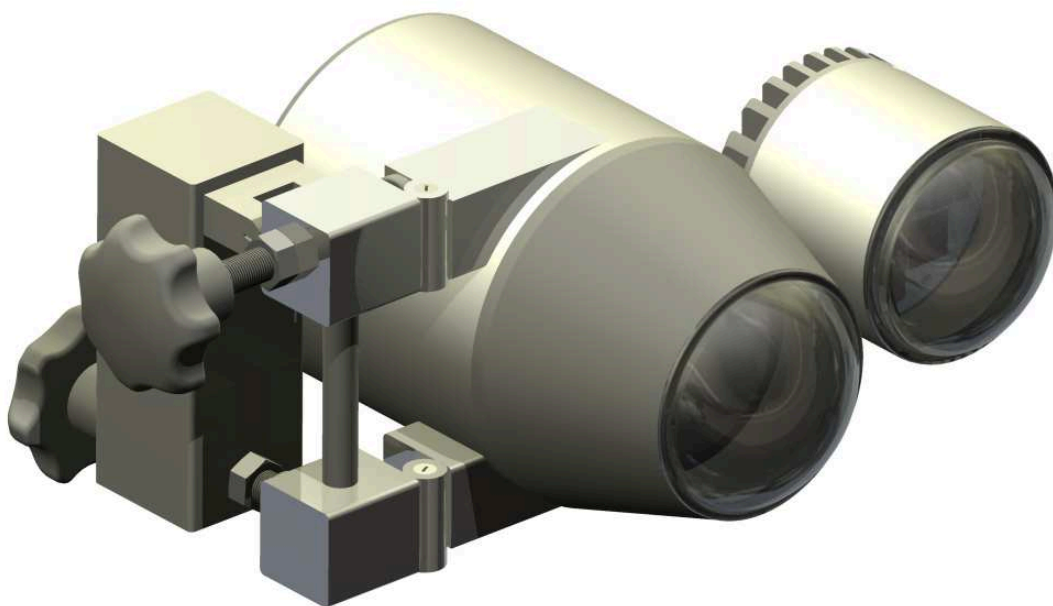
a) pohled na celý stavitelný systém; b) detail kloubu a stavitelného šroubu; c) detail stavitelného šroubu; d) hřeben na uchycení LED světlometu

Na rozdíl od předchozí varianty objímka světlometu je rozdělena do několika částí a musí být vyztužena vzpěrou. V tomto mechanismu nalezneme dvě kloubové vazby, které umožňují horizontální i vertikální nastavení světlometu (viz obr. 2.10). Stavitelné šrouby se od sebe liší pouze svou délkou. Uložení šroubu je jako u varianty 1 realizováno pomocí kulové plochy. Ukotvení stavitelného systému na rám automobilu je realizováno skrze skříň kde se přivaří ocelové profily k rámu.

Uchycení malého světlometu je zde řešeno napojením ohnuté plochého profilu (pásoviny) na skříň mechanismu. Připevnění plochého profilu na malý světlomet jsem zrealizoval pomocí hřebenu (viz obr. 2.10), který je připevněn na chladicí žebra.

**c) Varianta 3**

Použití mechanismu natáčení je stejné jako u varianty 2. Tato varianta se liší odlehčením celého mechanismu, použitím normalizovaných tlačných vřeten, úpravou objímky (ramena objímky se nalepí přímo na tubus velkého světlometu) a uchycení malého světlometu podobně jako u varianty 1.

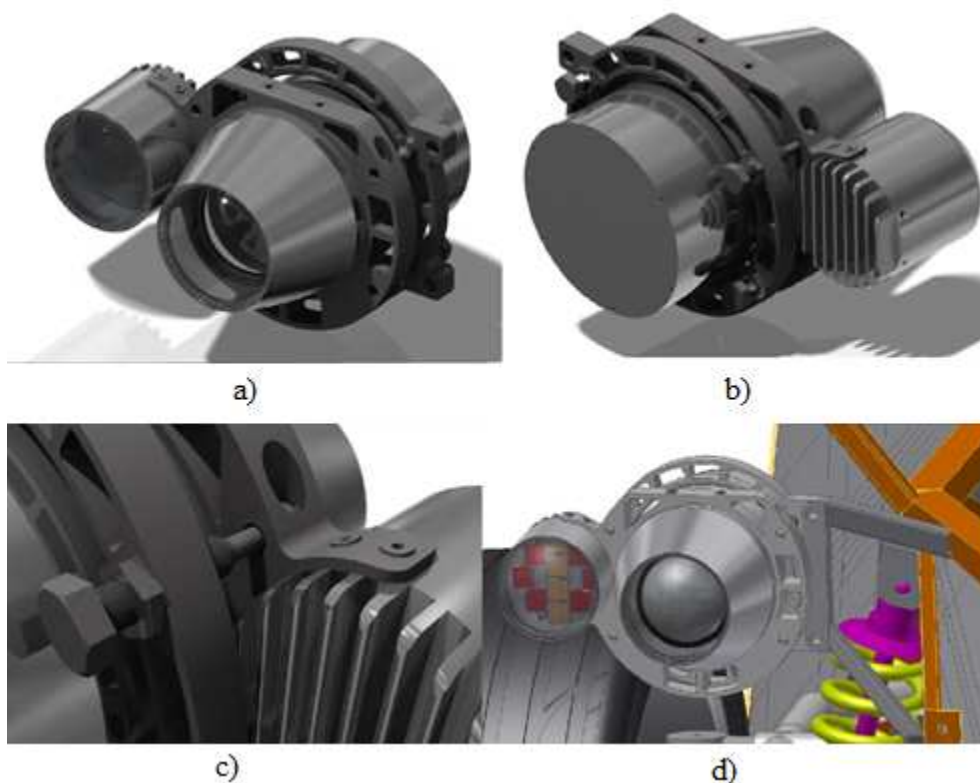


*Obr. 2.11 Variantní řešení číslo 3*



**d) Varianta 4**

Po konzultaci s požadavky se zadavatelem jsem vypracoval poslední variantu konstrukčního řešení stavitelného systému pro světlomet osobního automobilu. Variantu jsem zohlednil na omezující prostor pro stavitelný systém a na výrobní možnosti zadavatele.



*Obr. 2.12 Variantní řešení číslo 4*

a) Přední pohled na stavitelný systém; b) Zadní pohled na stavitelný systém; c) Detail stavitelného šroubu; d) Umístění stavitelného systému na rámu automobilu

Natočení světlometu v této variantě je umožněno pomocí 4 šroubů, které jsou zakončeny kuličkou, jež zmírňuje napětí na šroubu při namáhání ohybem. Na obrázku 2.12 můžeme vidět, že jeden kruh stavitelného systému je pevný (přípevněný skrze L profil k rámu automobilu) a druhý je pohyblivý, ke kterému je přípevněn malý a velký světlomet. Šrouby určené k natočení světlometu jsou zajištěny kontra maticemi. Detailní popis této varianty je v kapitole 3 na obrázcích 3.4, 3.5 a 3.6.



**e) Varianta 5 (alternativní)**

Pro tento návrh jsem hledal v katalogu společnosti Hella. Vybral jsem Bi-Led modul světlometu s 3 led diodami a jmenovitým napětím 12 V. Rozměry Bi-Led modulu jsou menší, než byl navrhován zadaný světlomet. Konstrukce tohoto modulu nabízí stavitelný systém a chlazení modulu v jednom.



*Obr. 2.13 Bi- Led modul (katalog Hella)*

**2.4 Vyhodnocení variant**

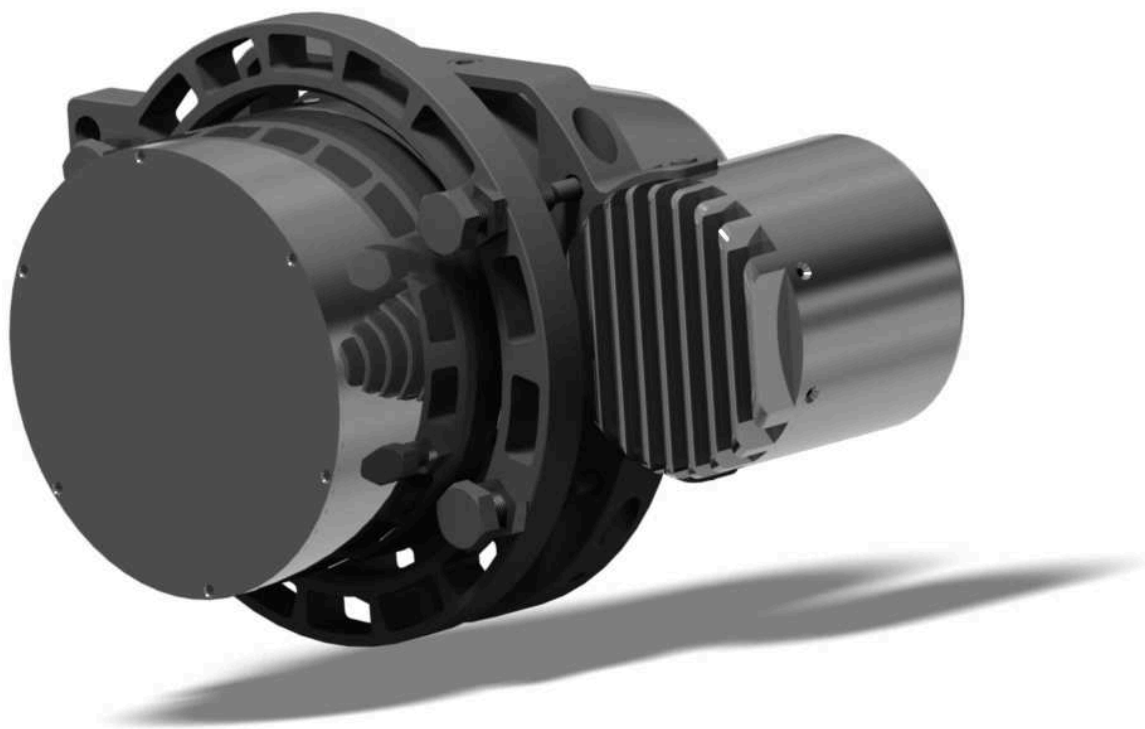
Jako nejvhodnější variantu jsem zvolil variantu číslo 4. Jedním z důvodů volby byla jednoduchost a nenáročnost výroby. Skládá se totiž z výpalků a součástí obrobitelných na soustruhu či frézce. Dalším důvodem pro zvolení této varianty byla předcházející konzultace se zadavatelem této bakalářské práce.

### 3 ROZBOR VYHODNOCENÉ VARIANTY

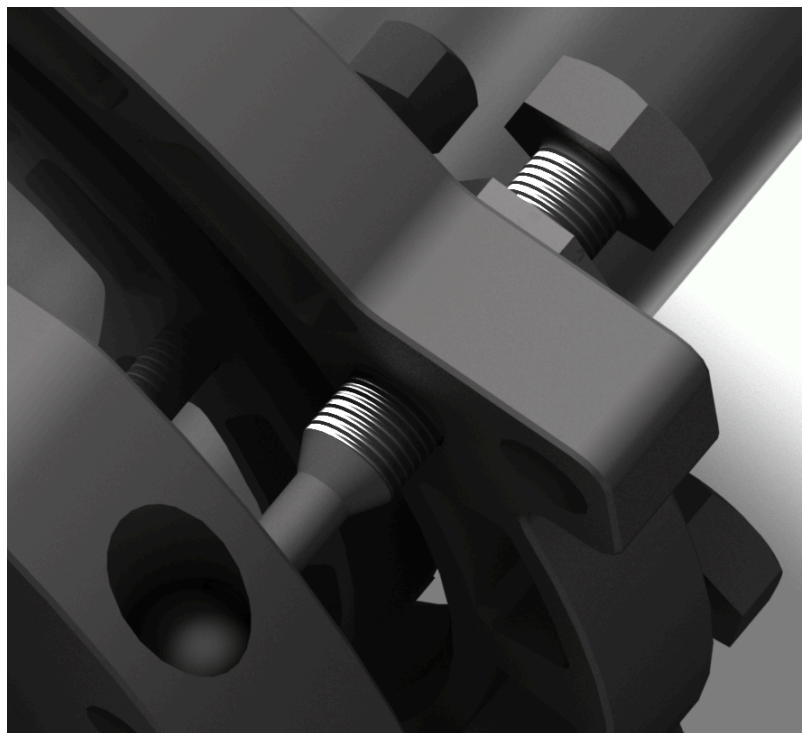
Navržený stavitelný systém pro světlomet osobního automobilu se skládá ze složených kruhů a stavitelných šroubů. Kruhy na sebe vzájemně můžou měnit vzdálenost a úhel natočení. Zajištění proti pohybu či změně úhlu natočení kruhů je realizováno dotažením kontra matice. Konstrukce stavitelného systému je zobrazena na obrázcích 3.1, 3.2 a 3.3. Grafické řešení jsem provedl v softwaru Autodesk Inventor Professional 2013.



*Obr. 3.1 Náhled celé sestavy i s uchycením*



*Obr. 3.2 Náhled modelu stavitelného systému*



*Obr. 3.3 Detail stavitelného šroubu*

Další rendery konstrukce jsou v příloze C. Tato kapitola ještě nabízí rozbor vybrané varianty včetně výrobního a konstrukčního řešení. Důvod výběru této varianty je opodstatněn v bodě 2.4.

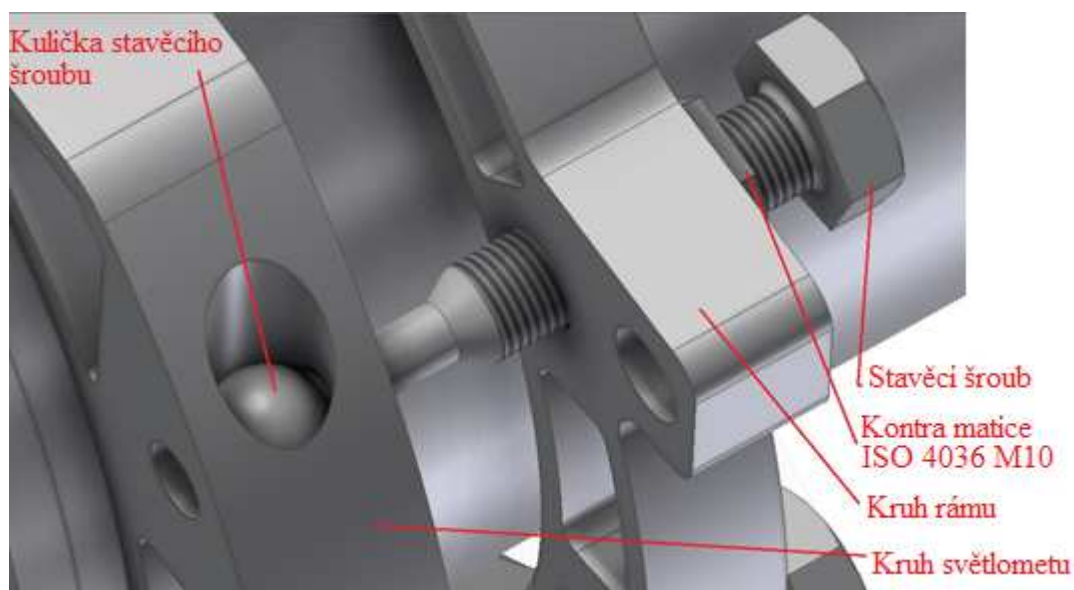
### Popis varianty



Obr. 3.4 Popis vybrané varianty (1)



Obr. 3.5 Popis vybrané varianty (2)



*Obr. 3.6 Popis vybrané varianty (3)*

Tento mechanismus slouží k natočení světlometu (jeho světelného kuželu), tak aby splňoval podmínky dané v normě EHK 48. Mechanismus se skládá ze čtyř hlavních částí a to z kruhů (jeden je připevněn k rámu vozidla a druhý připevněn je ke světlometu), stavěcího šroubu mechanismu a kuličky stavěcího šroubu. V dalších částech této kapitoly je rozbor každé jednotlivé části.

### **Kruh světlometu**



*Obr. 3.7 Kruh připevněný ke světlometu*

Kruh světlometu slouží ke spojení světlometu a mechanismu. K tomuto kruhu se přišroubuje malý LED světlomet a velký Bi-xenon světlomet. Do předem vyvrtaných děr se vloží kulička stavěcího šroubu a do ní se zašroubuje stavěcí šroub. Díra pro stavěcí šroub je vyrobena o 3 milimetry větší, než je menší průměr šroubu se závitem, kvůli umožnění natočení mechanismu.

Na zhotovení tohoto kruhu jsem zvolil druh výroby vypalování. Vypálení tohoto kruhu proběhlo acetylenovým plamenem, včetně odlehčení. Po vypálení tvaru a odlehčení kruhu bylo třeba vyrobit díry do polotovaru. Pro lepší vrtání děr na obvodu kruhu jsem před vypálením navrhl technologické plochy, které se po odvrtání dále obrousily. Finální operací po vrtání bylo broušení a strhnutí hran po vypalování. Výkresová dokumentace je uvedena v příloze D.

### Kruh rámu



*Obr. 3.8 Kruh připevněný k rámu vozidla*

Tento kruh je připevněn k rámu, a tak drží oba světlometry a mechanismus stavitelného systému. Díry se závitem u tohoto kruhu jsou určeny pro stavitelné šrouby. Další dvě díry složí pro uchycení k rámu vozidla. Uchycení rámu je realizováno přes konzoly profilu L. L konzole je „přivařena“ k profilům, které jsou spojeny s rámem v předem dané poloze.

Kruh rámu (i s odlehčením) byl vypálen acetylenovým plamenem. Po vypálení se vyvrtali díry, vyrobily se závity a srazily se vnitřní hrany kruhu. Dokončovací prací bylo strhnutí hran po vypalování. Výkresová dokumentace je uvedena v příloze D.

### **Stavitelný šroub**

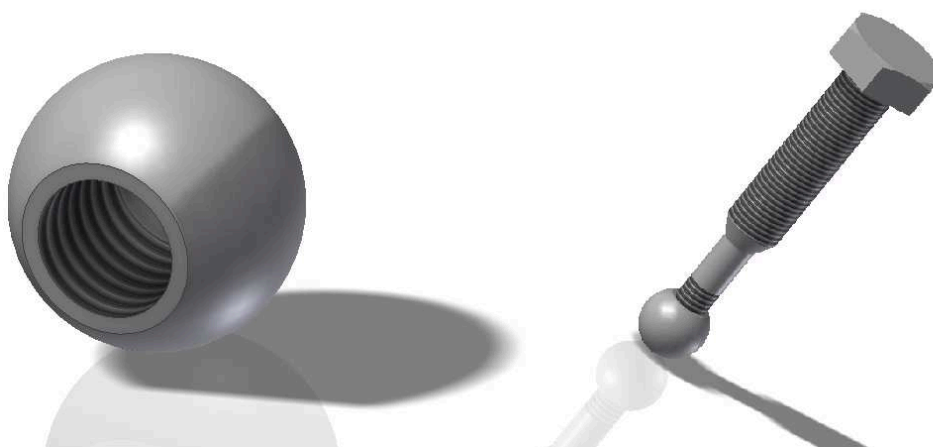


*Obr. 3.9 Stavitelný šroub*

Slouží ke změně vzdáleností kruhů a se změnou vzdáleností se pojí i změna úhlu natočení celého stavitelného mechanismu. Tento stavitelný šroub se zašroubuje do kruhu připevněného k rámu a poté se zašroubuje do kuličky připravené v kruhu pro připevnění ke světlometu (viz obr. 3.6). Zajištění proti uvolnění stavitelného šroubu je realizováno pomocí kontra matice.

Výroba šroubu se odvíjela koupí standardizovaného šroubu, který se na soustruhu upravil dle výkresové dokumentace, jež je uvedena v příloze D.



**Kulička stavitelného šroubu**

*Obr. 3.10 Kulička stavitelného šroubu*

Slouží k umožnění pohybu stavitelného systému a ke snížení ohybového napětí na stavitelném šroubu mechanismu.

Kulička je normalizovaná a je z nekalené nerezové oceli 17 352 (viz příloha B). Výroba kuličky stavitelného systému spočívá v ofrézování vrcholu kuličky a vyvrtání díry. Do díry se vyrobí závit. Výkresová dokumentace, kuličky stavitelného šroubu, je uvedena v příloze D.



## 4 VÝPOČTY A MKP

V této kapitole se věnuji podrobnému řešení rozpracované varianty se všemi náležitostmi včetně technické dokumentace a pevnostních analýz.

### 4.1 Kontrola stavitelného šroubu

K předběžnému návrhu je třeba určit zatížení, které působí na stavitelný systém světlometu. Z bezpečnostního hlediska uvažuji statické zatížení na tento mechanismus a zátěžná hmotnost  $m_z = 3,5$  kg. Kvůli dynamickému zatížení mechanismu v automobilu tuto zatěžující hmotnost vynásobím čtyřikrát. Tudíž stavitelný systém světlometu je zatížen silou  $G_z$  rozdělenou na  $n = 4$  šrouby.

$$G_z = \frac{m_z * g}{n}$$

$$G_z = \frac{14 * 9,81}{4}$$

$$\underline{G_z = 34,335 \text{ N}}$$

$$g = 9,81[m * s^{-2}]$$

$$n = 4 [-]$$

Zatěžující síla na stavitelný šroub je 34,335 N. Tato síla nedosahuje kritických hodnot a není nebezpečná pro šroub.

### Návrh průměru stavitelného šroubu

Třídu pevnosti šroubu volím 8.8, materiál 12 040.

Mechanické vlastnosti:

$R_e = 350$  [MPa];  $\beta = 1,3$  [-];  $k = 3$  [-];  $p_D = 150$  [Mpa] (viz TAB.2)

Další vlastnosti materiálu 12 040 jsou uvedeny v příloze B.

$\beta$ ... Součinitel vlivu krutu

$k$ ... Součinitel statické bezpečnosti

$$\beta * \frac{4 * G_z}{\pi * d_3^2} \leq \frac{Re}{k} \rightarrow d_3$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 * \beta * G_z * k}{Re * \pi}}$$

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 * 1,3 * 34,335 * 3}{350 * \pi}}$$

$$d_3 = 0,698 \text{ mm}$$

Z důvodu uživatelsky příjemnějšího způsobu ovládání (dostupnost klíče), volím větší průměr závitu stavitelného šroubu. Touto volbou vznikne více než 8x předimenzovaný stavitelný šroub.

**Volím  $d_3 = 8,773 \rightarrow M10 \times 1$**

TAB.1 Parametry závitu stavitelného šroubu

d=D (mm)	P (mm)	d <sub>2</sub> =D <sub>2</sub> (mm)	d <sub>3</sub> (mm)	d <sub>1</sub> =D <sub>1</sub> (mm)
10	1	9,350	8,773	8,917

TAB.2 Dovolené napětí v závitu šroubu [14]

Materiál vnitřního závitu	Třídy pevnosti materiálů šroubů								
	3.6	4.6	4.8	5.6	5.8	6.8	8.8	10.9	12.9
	p <sub>D</sub> (MPa)								
Ocel	40	50	75	70	90	110	150	200	250
Litina	25	30	45	40	55	70	90	125	150
Hliníkové slitiny	18	20	30	27	35	45	60	80	90

## 4.2 Statická analýza návrhu

Statickou analýzu provádím v programu Autodesk Inventor Professional 2013.

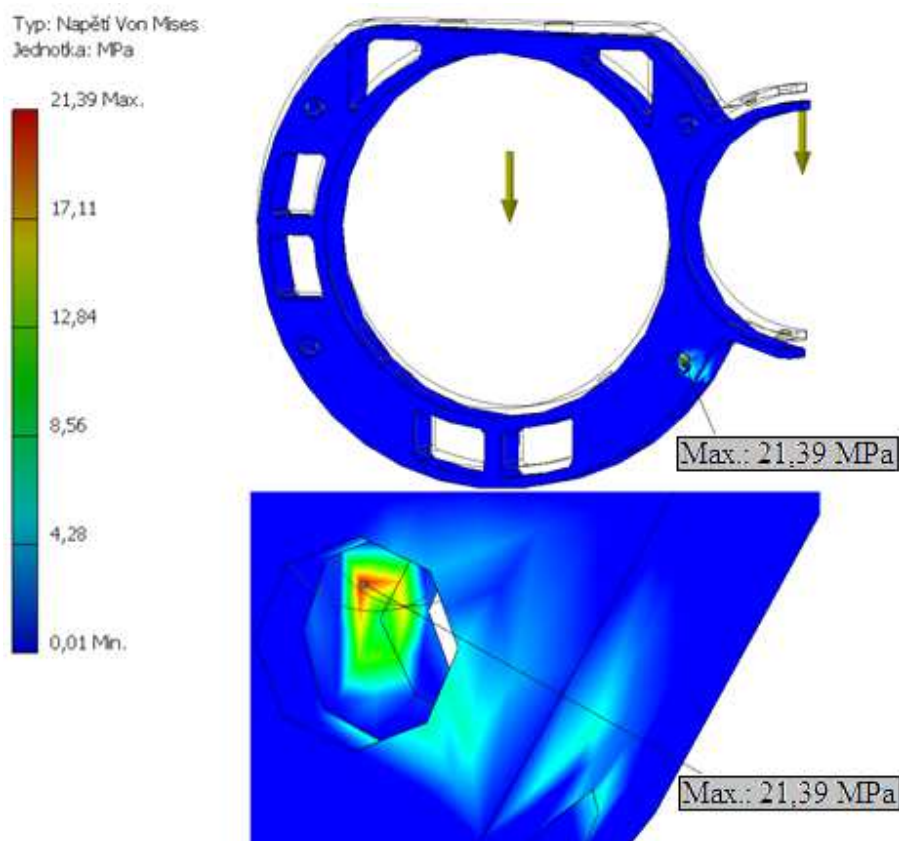
V bakalářské práci provádím metody analýzy:

- Napětí Von Misses (HMH)
- Totální deformace (Posunutí)
- První hlavní napětí

Jednotlivé součásti byly zatíženy v celé sestavě stavitelného systému a z této sestavy byly pouze „vytaženy“, kvůli lepšímu zobrazení. Z toho důvodu mají stejné okrajové podmínky. Okrajové podmínky a diskretizované modely jsou uvedeny v příloze A.

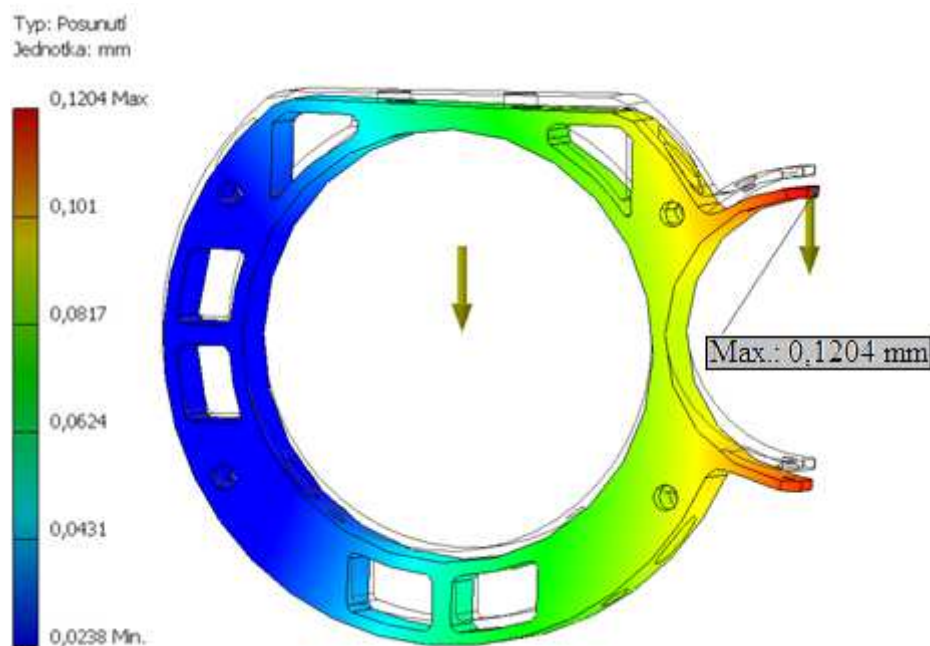
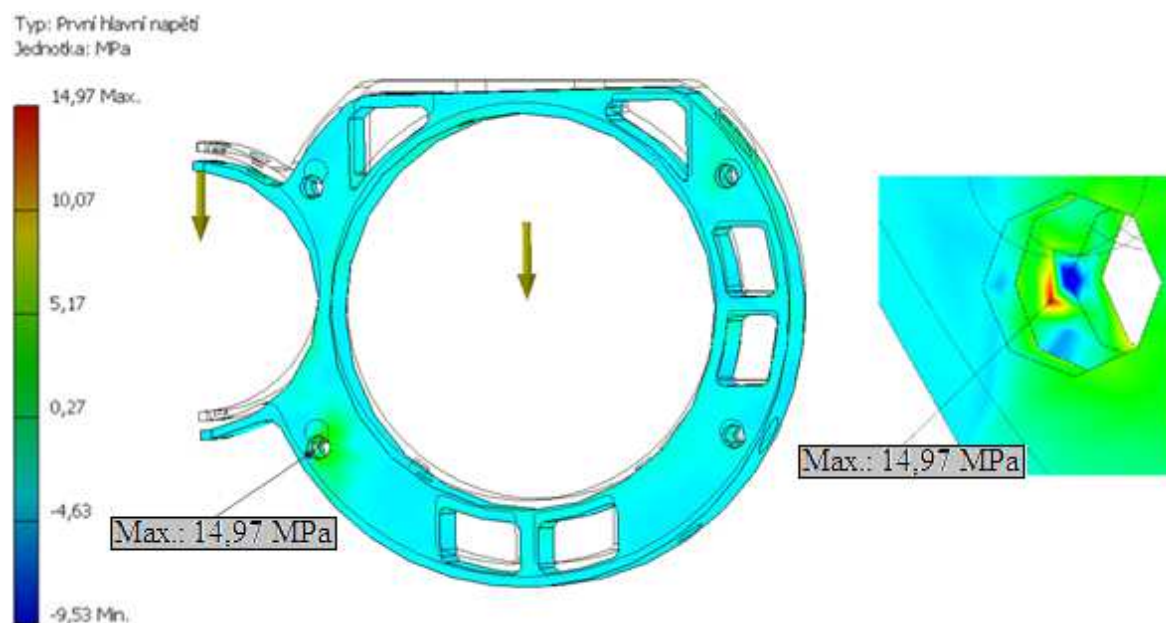
### a) Analýza kruhu světlometu

Mechanismus je namáhán zatěžující silou kladenou na celý stavitelný systém světlometů. Jako zatěžující sílu jsem uvažoval hmotnost světel, kterou jsem vynásobil 4, kvůli bezpečnosti ( $k=4$ ) při dynamickém zatížení. Hmotnost světel je umístěna do středu objímek světel. Zatěžující síla od Bi-xenon světlometu je 44N a od LED světlometu je 14N (tyto síly jsou již čtyřnásobkem původní hmotnosti).



*Obr. 4.1 Analýza dle hypotézy HMM I*

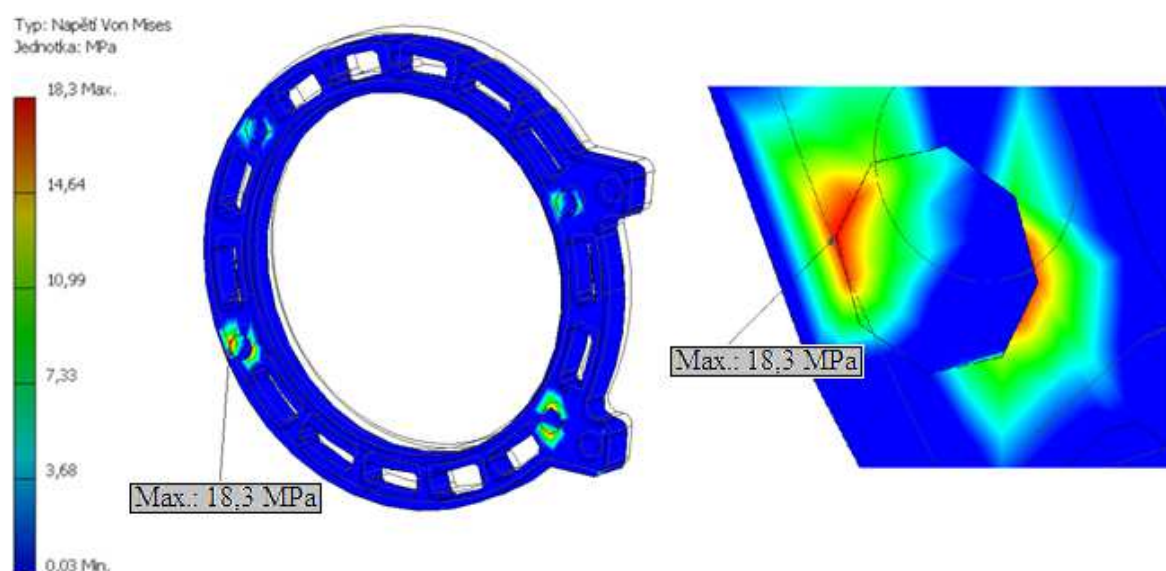
Největší napětí se vyskytují u kuličky stavitelného šroubu. Kruh světlometu je předimenzován a tak maximální napětí dosahuje hodnot kolem 22 MPa. Dovolené přípustné napětí pro oceli se pohybuje okolo 160 MPa.

*Obr. 4.2 Analýza celkové deformace I**Obr. 4.3 Analýza prvního hlavního napětí I*

Největší celkové deformace (Obr. 4.2) jsou u objímky pro LED světlomet. Celkové deformace jsou zde zanedbatelné, jelikož maximální posunutí se zde pohybuje okolo 0.12 mm. Maximální první hlavní napětí je zobrazeno na Obr. 4.3 a poukazuje stejně jako metoda Von Mises na kritické místo u kuličky stavitelného šroubu.

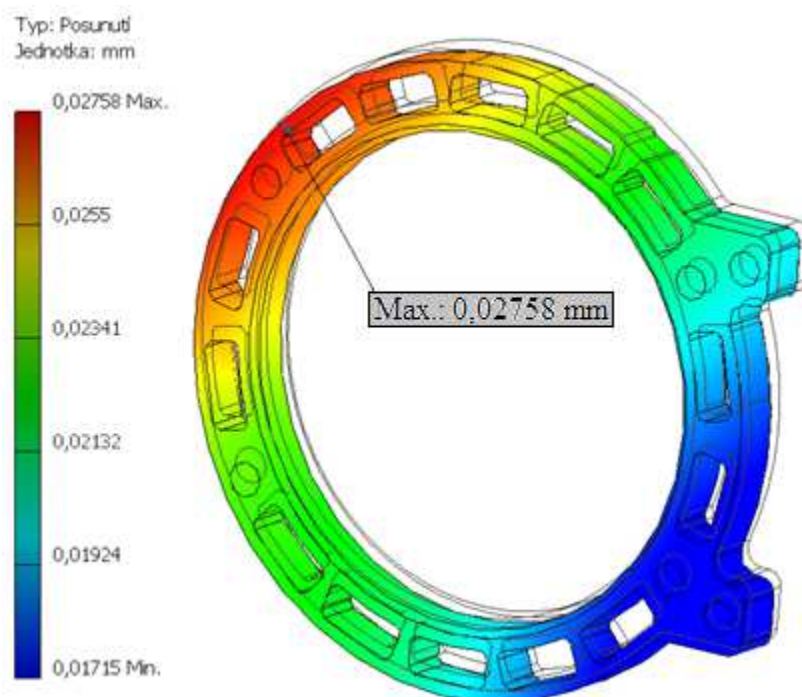
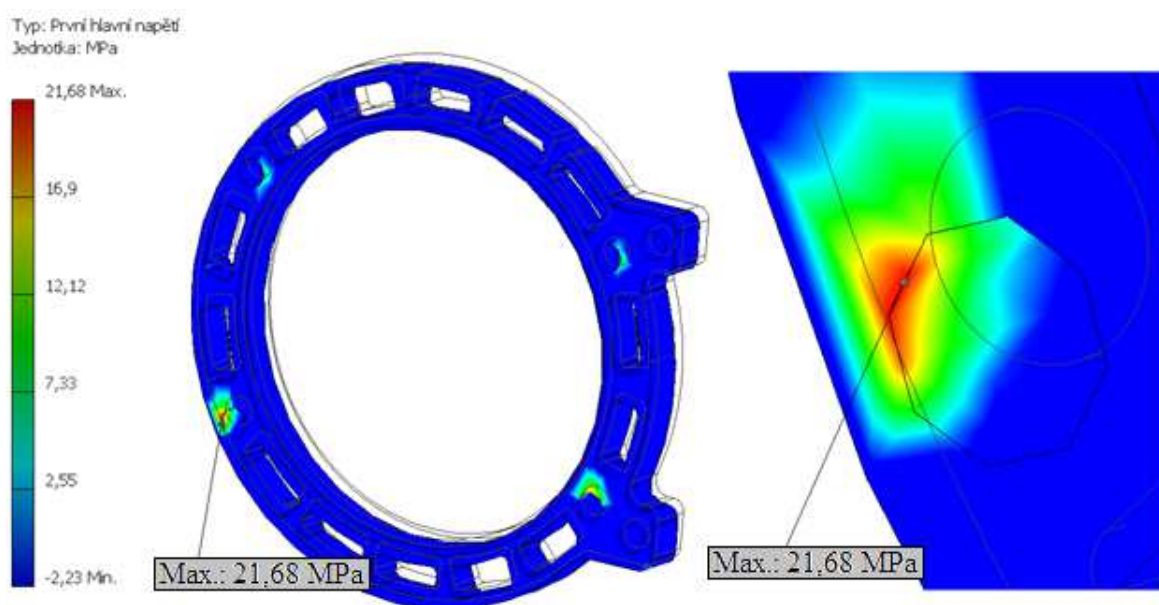
**b) Analýza kruhu rámu**

Kruh rámu je nosný prvek celého stavitelného systému. Zatížení tohoto kruhu je v místě stavitelných šroubů. Zatížení je na kruhu světloometu (58N) přenášeno přes stavitelné šrouby.



*Obr. 4.4 Analýza dle hypotézy HMH II*

Největší napětí je v místě konců závitů pro stavitelné šrouby. Šrouby jsou namáhány na ohyb a tak se na konci těchto závitů vytváří napěťové špičky. Největší napěťové špička mají hodnotu 18,3 Mpa.

*Obr. 4.5 Analýza celkové deformace II**Obr. 4.6 Analýza prvního hlavního napětí II*

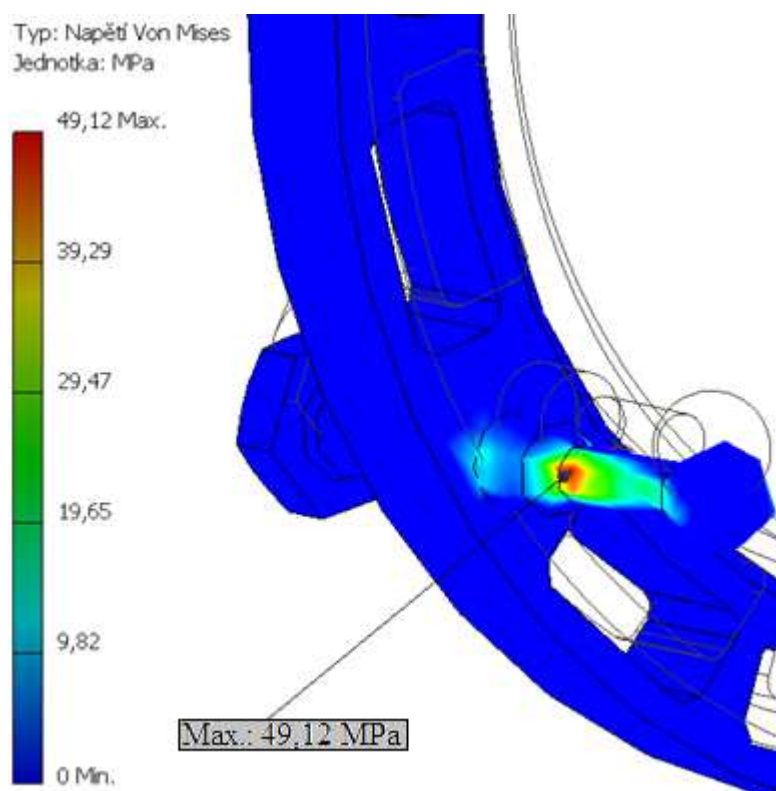


Maximální celková deformace (Obr. 4.5) je v horní části kruhu rámu na straně, kde je vyvozené zatížení od LED světloometu. Posunutí dosahuje maximálně hodnot okolo 0,028mm.

První hlavní napětí (Obr. 4.6) se zde opět vyskytuje jako u metody Von Mises (u konců závitů pro stavitelné šrouby). Rozdílem od metody Von Mises je, že u prvního hlavního napětí, napěťové špičky dosahují vyšších hodnot a to 21,68 Mpa.

### c) Analýza stavitelného šroubu

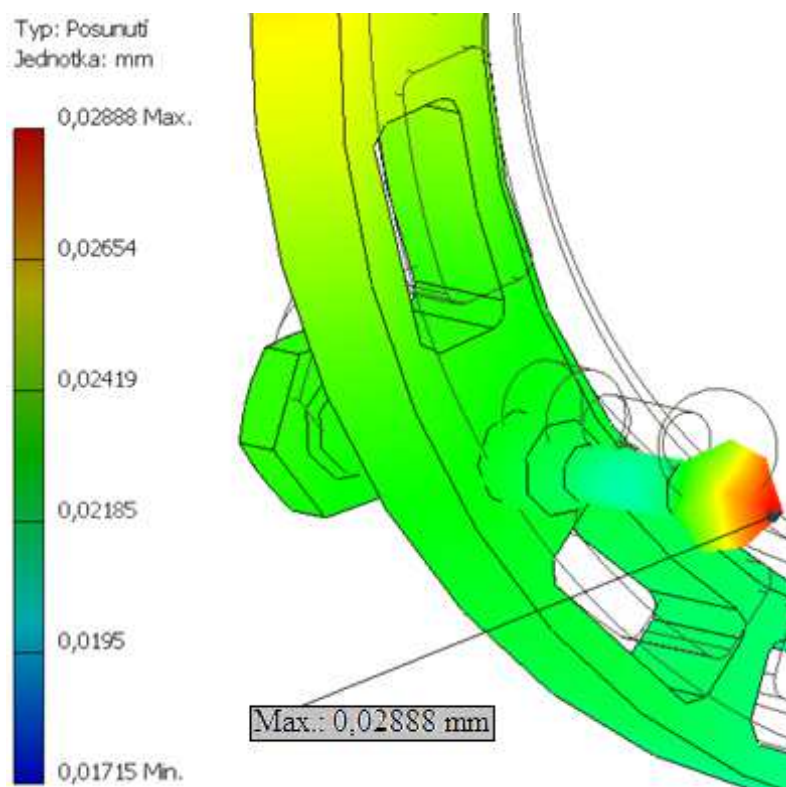
Pro tuto analýzu jsem uvažoval pouze zanalyzovat jeden stavitelný šroub, na kterém se tvoří největší napětí. Stavitelné šrouby jsou namáhány na ohyb a jsou zatěžovány dynamicky. Šrouby „nesou“ váhu světlometů a kruhu světloometu.



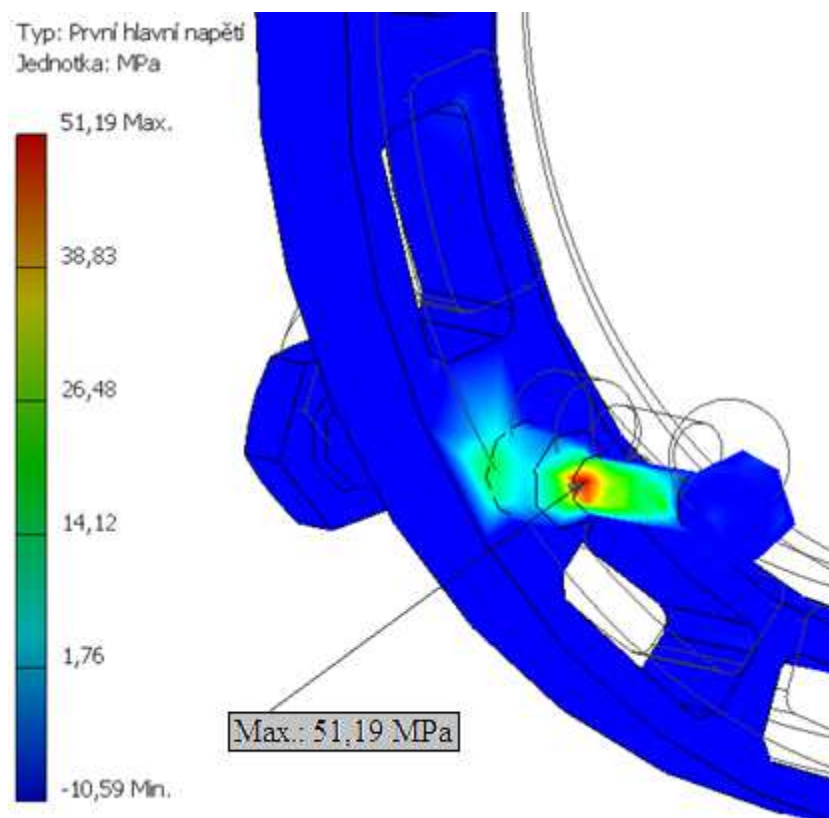
Obr. 4.7 Analýza dle hypotézy HMH III



Největší koncentrace napětí je na zúženém průměru šroubu v místě vrubu. Maximální napětí zde dosahuje hodnoty 49,12 Mpa. Navržený materiál 12 040, viz kapitola 4.1 nebo příloha B, kde jsou uvedeny i mechanické vlastnosti materiálu.



*Obr. 4.8 Analýza celkové deformace III*



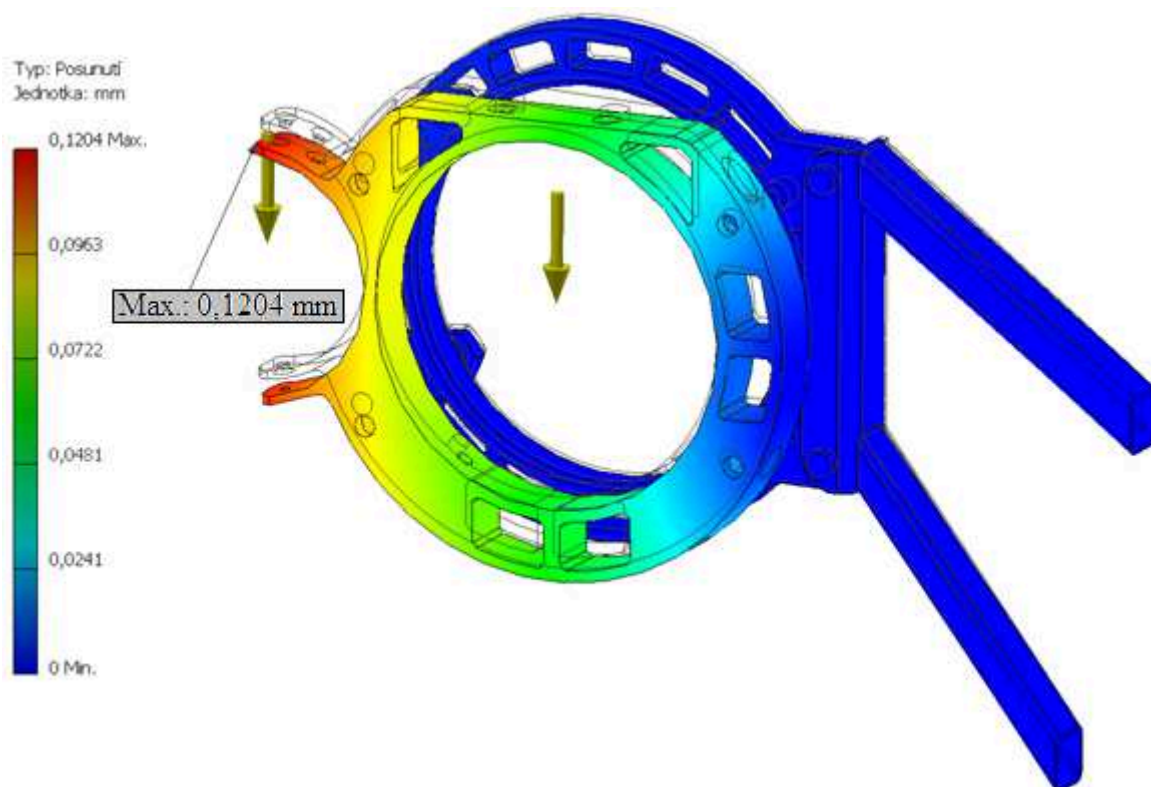
*Obr. 4.9 Analýza prvního hlavního napětí III*

Maximální celkové deformace (Obr. 4.8) stavitelného šroubu dosahují největšího posunutí na konci stavitelného šroubu. Hodnoty posunutí dosahují hodnot do 0,03 mm. Toto posunutí nijak neovlivní ani nenaruší funkci stavitelného systému.

Poloha maximálního prvního napětí je vyznačena na Obr. 4.9 a je téměř totožné s napětím v analýze Von Misses. Napěťová špička dosahuje hodnoty 51,19 Mpa.

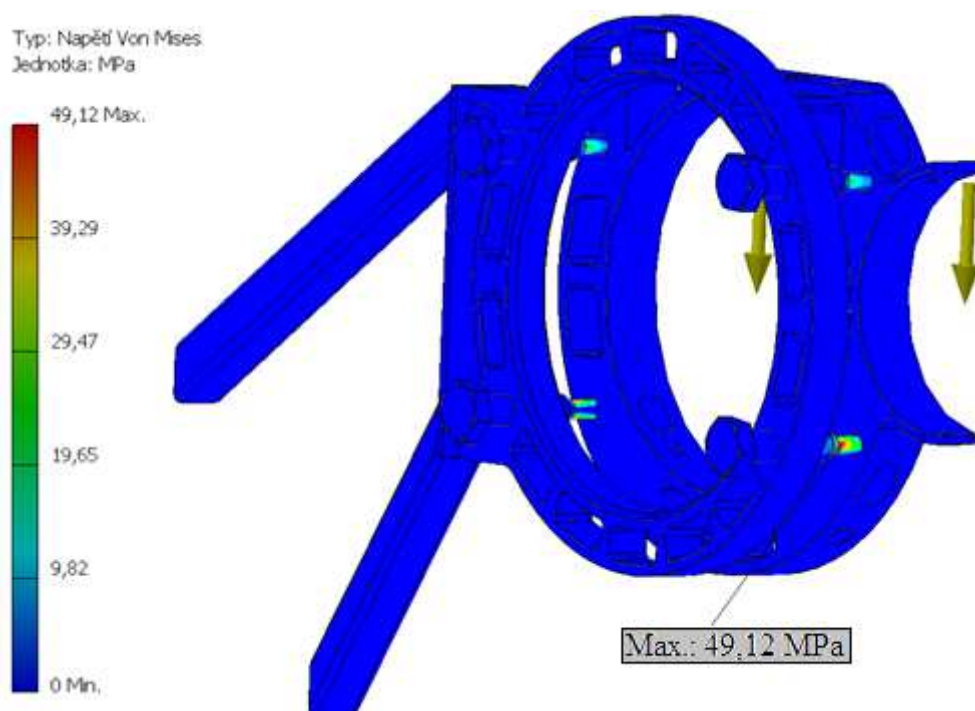
#### **d) Analýza sestavy stavitelného systému pro světlomet osobního automobilu**

Analýza kompletní sestavy stavitelného systému i s uchycením na rám automobilu znázorní celkový průběh napětí a deformací. Sestava je pevně uchycena na konci ramen k rámu. Zatížení je na objímkách pro Bi-xenon světlomet 44 N a pro LED světlomet 14 N.



*Obr. 4.10 Analýza celkové deformace IV*

U sestavy je nejvíce namáhán kruh světlometu. Maximální deformace je zde u objímky LED světlometu v místech, kde je objímka ukončena. Minimální posunutí vykazují ramena připevněná k rámu v místě vetknutí. Maximální posunutí zde nabývá hodnot 0,12 mm.



*Obr. 4.11 Analýza dle hypotézy HMH IV*

Analýza Von Misses zobrazuje na Obr. 4.11 průběh napětí v celém stavitelném systému pro světlomet. Maximální napětí je v místě zúžení na stavitelném šroubu a dosahuje hodnot až 49,12 MPa. Minimální napětí je poté na koncích šroubů.

Statickou analýzou jsem v softwaru Autodesk Inventor Professional 2013 prověřil navrženou konstrukci. Prověřil jsem celkové deformace, napětí Von Misses (HMH) a maximální první hlavní napětí na jednotlivých komponentech a sestavě. Případné chyby v analýzách, mohou být způsobeny hrubou strukturou diskretizovaných modelů.

## 5 ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem se zabýval návrhem stavitelného systému pro světlomet osobního automobilu. V teoretické části jsem nejprve zhodnotil nynější stav konstrukčních řešení. V současné době existuje celá řada variant stavitelných systémů světlometů, které prezentují významné společnosti v osvětlovací technice. Mimo jiné jsem porovnal používané zdroje světelného záření v průběhu posledních let a zdokonalování světelné techniky pro osobní automobily. V posledních letech trend směřuje spíše k moderním LED technologiím osvětlení a k inteligentním osvětlovacím jednotkám. Cílem je zajistit požadované úhly natočení světlometu dle norem a snadné ovládání tohoto stavitelného systému.

Proto jsem se v praktické části bakalářské práce věnoval návrhu stavitelného systému světlometu, který by vyhovoval všem požadavkům na něj kladeným. Navrhl jsem čtyři varianty a jednu alternativní variantu, které jsem následně podrobně rozpracoval.

Z navržených variant jsem vybral tu, která nejvíce vyhovovala zadaným požadavkům a kritériím. Zvolil jsem šroubový systém, který obsahuje čtyři stavitelné šrouby a dva kruhy (jeden kruh připevněn k rámu a druhý kruh je připevněn k světlometům). Pomocí těchto stavitelných šroubů se nastavuje vzdálenost a úhel natočení mezi kruhy. Jako materiál jsem volil kvůli technologii výroby ocel jak u kruhů, tak i u šroubů.

Nakonec jsem se věnoval technické dokumentaci a provedl jsem pevnostní analýzu jednotlivých komponentů a celé sestavy stavitelného systému světlometu.

V bakalářské práci jsem splnil všechny požadavky od zadavatele a můj navržený systém bude použit na reálném automobilu. Tento stavitelný systém světlometu byl již vyroben a bude namontován na automobil Student Car SCX v červnu roku 2014.

Výsledků bylo dosaženo díky finanční podpoře z projektu TA01030430 „Aplikovaný výzkum a vývoj směrem ke zvýšení bezpečnosti vozidel s elektropohonem-elektromobilů a snižování jejich negativních vlivů na životní prostředí. (2011-2014, TA0/TA)“.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:

- [1] KALAB, K.: Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací. 1. vydání VŠB-TU Ostrava, 2007, 91s. ISBN 978-80-248-1290-8
- [2] ŠKODA AUTO. *Vývoj a konstrukce světlometů*. 2007, 58 s. Dostupné z: [http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Vyvoj\\_a\\_konstrukce\\_svetlometu\\_28.3.07.pdf](http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Vyvoj_a_konstrukce_svetlometu_28.3.07.pdf)
- [3] ŠKODA AUTO. *Světlometry a elektronika světlometů*. 2007, 39 s. Dostupné z: [http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Elektronika\\_sv\\_tlomet\\_28.3.2007\\_TU\\_Liberec.pdf](http://www.fm.tul.cz/files/projektme/Elektronika_sv_tlomet_28.3.2007_TU_Liberec.pdf)
- [4] AMBROŽ, Robert. Xenonové světlometry (výbojky) [online]. 2002, 40/2002 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://www.auto.cz/xenonova-svetla-maji-sva-pro-i-proti-18110>
- [5] CIGÁNEK, Josef. *APLIKACE ZÁKONŮ A PRINCIPŮ OPTIKY PŘI NÁVRHU REFLEKTORU AUTOMOBILU*. Ostrava, 2012. Bakalářská práce. VŠB Ostrava. Vedoucí práce RNDr. EVA JANUROVÁ, Ph. D.
- [6] ČSN ISO 690-2 JEDNOTNÁ USTANOVENÍ PRO HOMOLOGACI VOZIDEL Z HLEDISKA MONTÁŽE ZAŘÍZENÍ PRO OSVETLENÍ A SVĚTELNOU SIGNALIZACI. Praha: TUV SÜD AUTO CZ, (E/ECE/324), 1996. 80 s.
- [7] Obr. 2.3.3 - <http://www.m25audi.co.uk/audi/a6/new-audi-a6-led-headlights.html>
- [8] Světelný zdroj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014, 29. 10. 2013 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Bteln%C3%BD\\_zdroj](http://cs.wikipedia.org/wiki/Sv%C4%9Bteln%C3%BD_zdroj)
- [9] LED. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001-2014, 4. 11. 2013 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/LED>
- [10] Obr. 2.3.2 <http://www.autodilypeva.cz/autoduuly-peva/eshop/13-1-Autodoplnky/61-2-Xenonove-vybojky/5/745-Xenonova-vybojka-D2S-Osram-XENARC-SILVERSTAR-66240SVS>
- [11] SAJDL, Jan. Projektorový reflektor [online]. 2005, 40/2005 [cit. 2013-11-26]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/projektorovy-reflektor/>
- [12] Obr. 2.4.1 < <http://cs.autolexicon.net/articles/parabolovy-reflektor-s-optikou-na-skle> >
- [13] Obr. 2.4.1 < <http://cs.autolexicon.net/articles/free-forms-reflektor/> >

- [14] Leinveber J., Vávra P.: *Strojnické tabulky (třetí doplňkové vydání)*. Albra, Úvaly, 2006, ISBN 80-7361-033-7.
- [15] LASER POWERED HEADLIGHT. In: *How stuff works* [online]. Atlanta: Akweli Parker, 2001-2014, 7. 11. 2011 [cit. 2011-11-7]. Dostupné z: <http://auto.howstuffworks.com/laser-powered-headlight.htm>
- [16] Obr. 1.4.4 < [http://ichef.bbci.co.uk/wwfeatures/624\\_351/images/live/p0/1p/hy/p01phy6z.jpg](http://ichef.bbci.co.uk/wwfeatures/624_351/images/live/p0/1p/hy/p01phy6z.jpg)>
- [17] STUDENT CAR. Student Car [online]. 2007 [cit. 2014-05-02]. Dostupné z: <http://www.studentcar.cz/>

## SEZNAM TABULEK

TAB.1 Parametry závitu stavitelného šroubu.....	37
TAB.2 Dovolené napětí v závitu šroubu [14].....	37

## PŘÍLOHY

Příloha A	MKP – Okrajové podmínky
Příloha B	Materiálové listy
Příloha C	Render konstrukce
Příloha D	Výkresová dokumentace

Výkres sestavení:

KONTROLA ÚHLŮ A UMÍSTĚNÍ SVĚTLOMETŮ (UTAJENO)	VLA-00-35-00
--------------------------------------------------	--------------

Výkres sestavení:

STAVITELNÝ SYSTÉM SVĚTLOMETU	VLA-00-35-01
------------------------------	--------------

Výrobní výkres: KRUH RÁMU- VÝPALEK	VLA-00-35-02
------------------------------------	--------------

Výrobní výkres: KRUH SVĚTLOMETU- VÝPALEK	VLA-00-35-03
------------------------------------------	--------------

Výrobní výkres: KRUH RÁMU- VÝROBA	VLA-00-35-04
-----------------------------------	--------------

Výrobní výkres: KRUH SVĚTLOMETU- VÝROBA	VLA-00-35-05
-----------------------------------------	--------------

Výrobní výkres: STAVITELNÝ ŠROUB	VLA-00-35-06
----------------------------------	--------------

Výrobní výkres:

KULIČKA STAVITELNÉHO ŠROUBU	VLA-00-35-07
-----------------------------	--------------

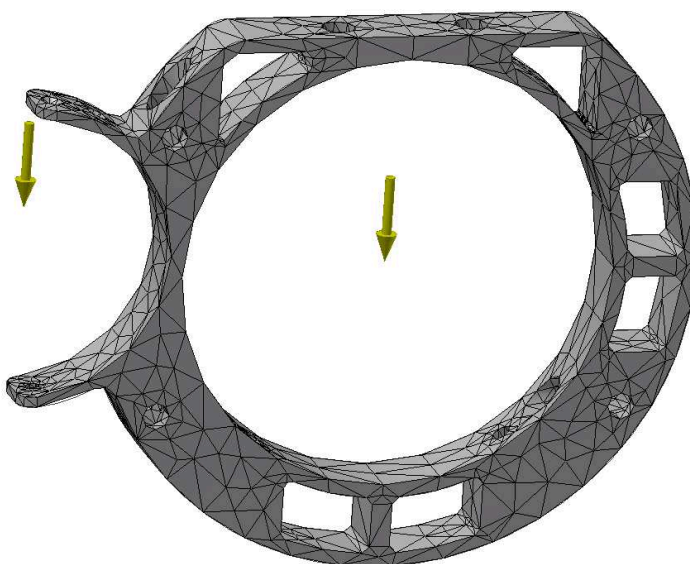
Výrobní výkres: L KONZOLE	VLA-00-35-08
---------------------------	--------------



**PŘÍLOHA A**

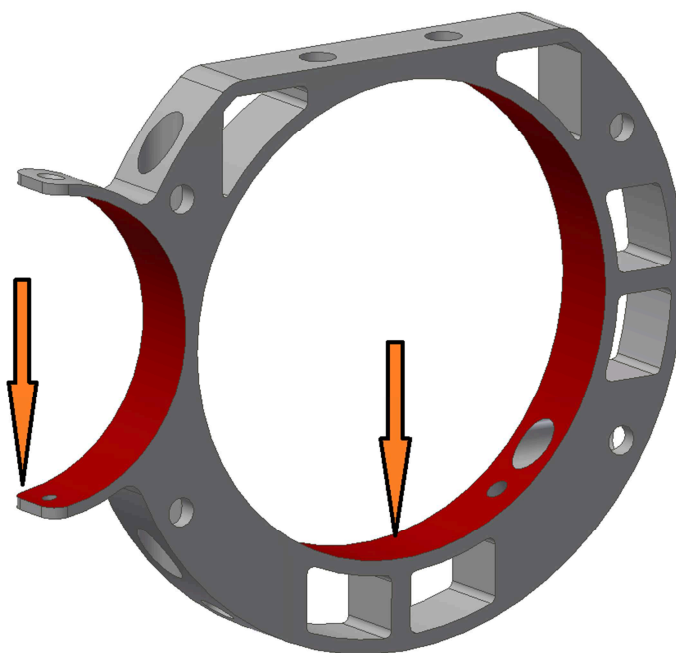
MKP - Okrajové podmínky a diskretizace modelů

1) Diskretizovaný model kruhu světlometu



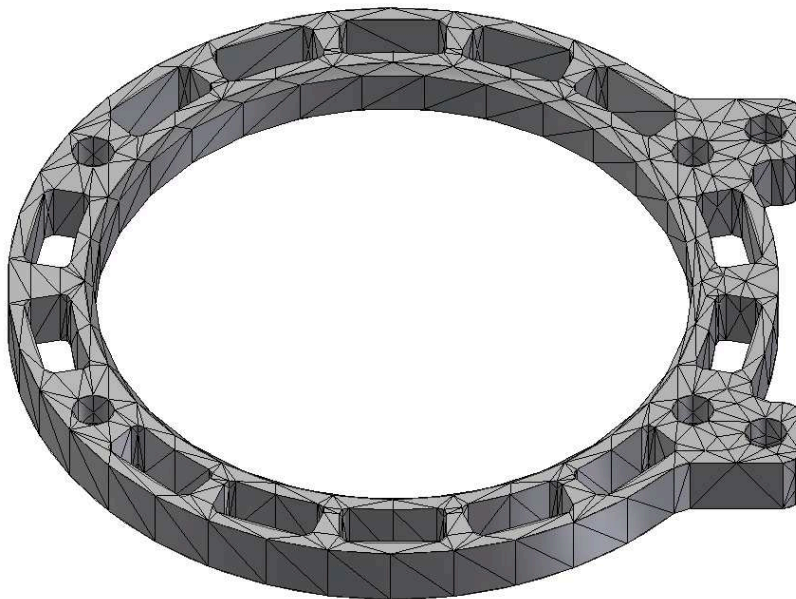
*Obr. 6.0*

2) Okrajové podmínky kruhu světlometu (hmotnostní zatížení 14 N menší objímka a 44 N větší objímka)

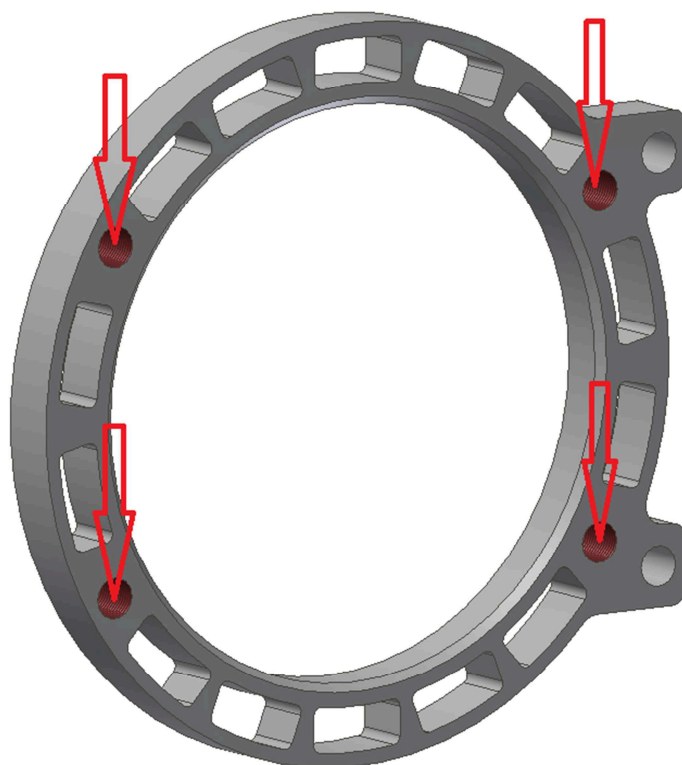


*Obr. 6.0.1*

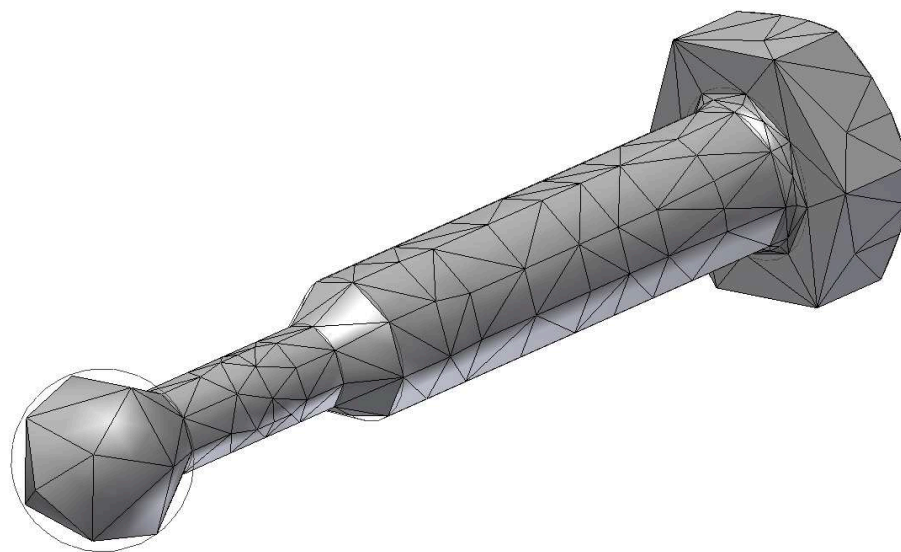
## 1) Diskretizovaný model kruhu rámu

*Obr. 6.1*

## 2) Okrajové podmínky kruhu rámu (zatížení 18 N na jednu díru se závitem)

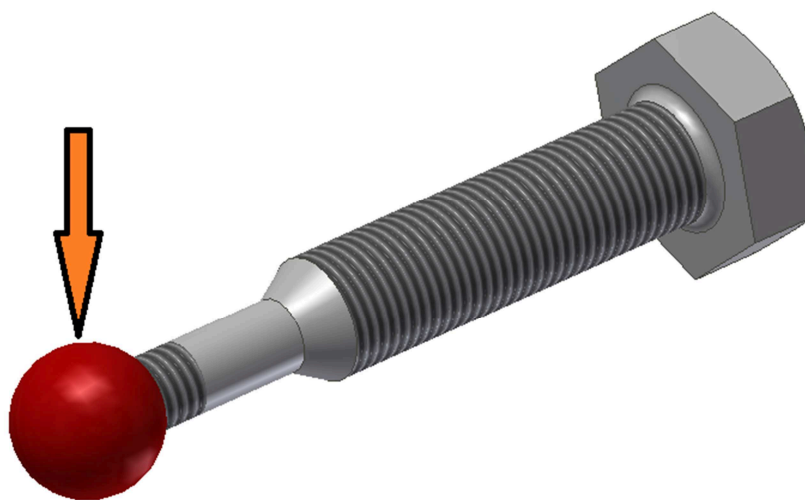
*Obr. 6.1.1*

3) Diskretizovaný model stavitelného šroubu s kuličkou



*Obr. 6.2*

2) Okrajové podmínky stavitelného šroubu (zatížení je vyvoláno od hmotnosti světlometů a nabývá hodnoty na jeden šroub 14,5 N)



*Obr. 6.2.1*

## PŘÍLOHA B

Materiálové listy:

## Uhlíková ocel 12 040

Tab 7.1

ČSN 41 2040

STN 41 2040

Uhlíková ocel k zušlechťování

OCEL

12 040

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	P	S
0,32–0,40	0,50–0,80	0,15–0,40	max 0,25	max 0,30	max 0,30	max 0,040	max 0,040

Polotovary

[1] předvalky

[2] tyče válcované za tepla nebo kované

[3] tenké plechy válcované za tepla

[4] tlusté plechy válcované za tepla

[5] výkovky

[6] bezešvé trubky tvářené nebo tažené za tepla

[7] přesné bezešvé trubky tvářené nebo tažené za studena

[8] tyče tažené za studena

[9] tyče tepelně zpracované po tažení za studena

[10] dráty tepelně zpracované po tažení za studena

Mechanické vlastnosti

Polotovar	[1] [2] [5]	[2] [5]	[2]	[2] [5]	
Rozměr t, d [mm]	–	25–100	30	≤16	16–40
Stav	. 0	. 1	. 6	. 7	
Mez kluzu $R_p$ nebo $R_{p0,2}$ [MPa]	–	285	325	430	370
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	–	min 480	540–690	630–780	600–750
Tažnost $A_5$ [%] min	–	20	22	17	19
Kontrakce Z [%] min	–	–	55	40	45
Vrubová houževnatost KCU 3 [J.cm <sup>-2</sup> ] min	–	–	60	55	55
Tvrdost HB	max 208	135–202	155–208	187–237	171–228
Modul pružnosti E [GPa]	206				
Modul pružnosti ve smyku G [GPa]	79				

Polotovar	[3]		[4]			[5]		
Rozměr t, d [mm]	0,8–2,8		4–60	3–120	61–80	81–100	25–100	100–300
Stav	. 1	. 3	. 1	. 3	. 5		. 6	
Mez kluzu $R_p$ 0,2 [MPa]	295	–	315	–	295	285	325	295
Mez pevnosti $R_m$ [MPa]	490–640	440–570	min 530	–	min 510		540–690	510–650
Tažnost $A_5$ , $A_{10}$ [%]	$A_{10}=19$	$A_{10}=19$	napříč $A_5=20$	–	napříč $A_5=18$		$A_5=22$	$A_5=20$
Kontrakce Z [%] min	–		–	–	–	–	55	50
Vrubová houževnatost KCU 3 [J cm <sup>-2</sup> ] min	–		–	–	–	–	70	65
Tvrdost HB	–		–	max 183	–	–	155–208	146–195

Mez kluzu $R_p$ 0,2 [MPa] za zvýšených teplot	20°C	100°C	200°C	250°C	300°C	350°C	400°C
	420	395	350	325	290	250	210
	325	305	275	250	225	190	160

**Fyzikální vlastnosti**

Hustota	Měrná tepelná kapacita	Teplotní součinitel roztažnosti	Tepelná vodivost	Rezistivita
$\rho$ [kg.m <sup>-3</sup> ]	$c_p$ [J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$\alpha$ [K <sup>-1</sup> ]	$\lambda_t$ [W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	$\rho$ [ $\Omega$ .m <sup>-1</sup> ]
7 850	—	11,9 . 10 <sup>-6</sup>	49	120 . 10 <sup>-9</sup>

**Odolnost proti únavě**Mez únavy  $\sigma_e$  [MPa] při napětí:

$R_m$ [MPa]	střídavém			míjivém			v ohybu za rotace (zkuš. tyč)		
	v ohybu	tah – tlak	v krutu	v ohybu	v tahu	v krutu	hladká	vrub 2mm	vrtání 2mm
640	320	250	185	480	410	260	330	165	190
590	285	230	165	435	365	225	290	135	150
540	265	210	150	400	330	205	265	115	110

**Technologické údaje**

## TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

normalizační žíhání	840–870 °C	ochlazovat na vzduchu
žíhání na měkko	680–720 °C	ochlazovat v peci
kalení	840–870 °C	ochlazovat ve vodě (tlustší kusy)
	850–880 °C	ochlazovat v oleji (tenčí kusy)
popouštění	540–680 °C	ochlazovat na vzduchu
teploty přeměn	$A_{C1}$ ~720–735 °C	$A_{C3}$ ~775–795 °C $M_S$ ~335 °C
povrchová tvrdost při povrchovém kalení	$\varnothing \leq 40$ mm	53 $\pm$ 3 HRC
	41–100mm	50 $\pm$ 3 HRC
optimální průměr pro zušlechťení	17mm (voda)	7mm (olej)

Nejnižší doporučená teplota použití ( $R_m = 740$ MPa) při namáhání:

statickém	-70 °C
dynamickém	-50 °C (pro KCU 2 min 34 J . cm <sup>-2</sup> )

## TVAŘITELNOST

třída tvařitelnosti za tepla 1	teploty tváření 1 150–750 °C	pomalou ochlazovat
--------------------------------	------------------------------	--------------------

## SVAŘITELNOST

podle ČSN 05 1310 – obtížná

## OBROBITELNOST

	soustružení, frézování, vrtání
stav.1 HB ~ 197	13b
stav.6 HB $\leq$ 208	13b
stav.7 HB $\leq$ 223	13b
stav.8 HB $\leq$ 239	12b

## TECHNOLOGICKÉ ZKOUŠKY

zkouška lámavosti podle ČSN 42 0401

polotovary [3] napříč	stav . 1	úhel ohybu	$\alpha = 180^\circ$	průměr trnu	$D = 2a$
	stav . 3		$\alpha = 180^\circ$		$D = 1,5a$

**Použití**

Vhodná na velké hřídele stabilních spalovacích motorů, parních strojů a čerpadel, hřídele těžních strojů, transmisní hřídele, excentry, sloupy a válce lisů, tvarová tělesa, čepy, kolíky, tlačítka, rozpěrná pouzdra, destičky, šoupátka, čelisti, šrouby, pístnice, ojnice, kované svorníky tlakových nádob, závěsy pružin, ruční a nožní páky, součásti řízení, táhla, jeřábové háky apod.

**Ostatní vlastnosti**

Druh oceli podle způsobu výroby	Barevné značení podle ČSN 42 0010	Třída odpadu podle ČSN 42 0030
uklidněná	zelená – žlutá – hnědá	002

**Porovnání se zahraničními materiály**

ISO		EURO		Německo	
C35E4	ISO 683/1-87	C35 C35E C36	EN 10083-2-91 EN 10083-1-91 EN 86-70	C35 CK35 C35	DIN 17200-87 DIN 17200-87 DIN EN 10083-2-91
Francie		Velká Británie		Rusko	
C35 XC38 XC38H1 C35	NF A 37-502-84 NF A 35-554-82 NF A 35-552-84 NF EN 10083-2-91	40HS C35 080A35 080M36	BS 1449/1-91 BS EN 10083-2-91 BS 1449/1-91 BS 970/1-83	35	GOST 1050-88
USA		Japonsko		Kanada	
Gr. 1035	ASTM A576-81	S35C S35CM S38C	JIS G4051-79 JIS G3311-88 JIS G4051-79	–	–
Itálie		Rakousko		Švédsko	
C35 C35 C36 C35 C35E	UNI 7065-72 UNI 7845-78 UNI 8551-84 UNI EN 10083-2-91 UNI EN 10083-1-91	C35 C35S C35SW	ÖNORM M3161 ÖNORM M3120-86 ÖNORM M3108-67	1550 1572-02	SS 141550-90 SS 141572
Polsko		Maďarsko		Norsko	
35	PN H84019-93	C35 C35E MC	MSZ 61 MSZ 61 MSZ 1745-79	–	–
Finsko		Švýcarsko		Španělsko	
455	SFS 455	C35 Ck35	10645 10645	C35 C35K 1C35 C35	UNE 36051-91 UNE 36011-75 UNE 36051 UNE EN 10083-2-91
Austrálie		Čína		Rumunsko	
1035 K1035	AS 1442-92 AS 1442-83	35 35 35 35	GB 699-88 GB 3275-91 GB 3522-83 GB 8162-87	OLC35q OLC35x OLC35xs	STAS 8949-82 STAS 880-88 STAS 880-88
Bulharsko		Belgie		–	
35	BDS 5785-83	C36 C35-1	NBN 253-06-72 NBN 253-02-72	–	–



Materiálové listy:

**Nerezová ocel 17 352**

Tab 7.2

ČSN 41 7352

Austenitická korozivzdorná Cr-Ni-Mo ocel

OCEL

17 352

Chemické složení [hm. %]

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S
max 0,07	max 2,00	max 1,00	16,5–18,5	11,0–14,0	2,5–3,0	max 0,045	max 0,030

Polotovary

[1] tyče tvářené za tepla

[2] plechy válcované za tepla

[3] tlusté plechy válcované za tepla

Mechanické vlastnosti

Polotovary		[1]			[2]	
Rozměr t, d [mm]		≤ 60	60–100	100–150	≤ 10	10–30
Stav <sup>1)</sup>		.4			.4	
Mez kluzu R <sub>p</sub> 0,2 [MPa] min		206			206	
Mez kluzu R <sub>p</sub> 1,0 [MPa] min		245			245	
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa]		490–686			490–686	
Tažnost A <sub>5</sub> [%] min		45	40	35	34	30
Vrubová houževnatost KCU 3 [J.cm <sup>-2</sup> ] min	podél	196	137	98	–	137
	napříč	–	98	69	–	98
Tvrdość HB max		–				
Modul pružnosti E [GPa]		200				
Polotovary		[3]				
Rozměr t, d [mm]		30–50				
Stav <sup>1)</sup>		.4				
Mez kluzu R <sub>p</sub> 0,2 [MPa] min		196				
Mez kluzu R <sub>p</sub> 1,0 [MPa] min		226				
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa] min		490				
Tažnost A <sub>5</sub> [%] min		35				
Vrubová houževnatost [J.cm <sup>-2</sup> ]	KCU 3 <sup>-20</sup> min	78				
	KCV min	49				
	KCV <sup>-196</sup> min	39				
Tvrdość HB max		200				
Modul pružnosti E [GPa]		200				

Teplota [°C]	100	200	400	600	800				
Modul pružnosti E [GPa] za zvýšených teplot	195	185	170	155	135				
Teplota [°C]	100	200	300	400	500	600	650		
Nejnižší mez kluzu R <sub>p</sub> 0,2 [MPa] za zvýšených teplot	176	147	127	117	107	97	90		
Nejnižší mez kluzu R <sub>p</sub> 1,0 [MPa] za zvýšených teplot	206	177	157	147	137	122	120		
Mechanické vlastnosti za nízkých teplot [2] [3]									
Teplota [°C]	20	-20	-50	-100	-150	-190			
Mez kluzu R <sub>p</sub> 0,2 [MPa] min	260	270	340	390	440	500			
Mez pevnosti R <sub>m</sub> [MPa] min	590	710	800	950	1 110	1 290			
Tažnost A <sub>5</sub> [%] min	60	87	84	67	60	56			
Vrbová houževnatost KCV [J.cm <sup>-2</sup> ] min	190	180	170	160	130	100			
Fyzikální vlastnosti									
Hustota ρ [kg . m <sup>-3</sup> ]	Měrná tepelná kapacita c <sub>p</sub> [J . kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	Teplotní součinitel roztlačnosti α [K <sup>-1</sup> ]		Tepelná vodivost λ <sub>1</sub> [W . m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]		Rezistivita ρ [Ω . m]			
8 000	440	16,5.10 <sup>-6</sup>		14,7		750.10 <sup>-9</sup>			
Odolnost proti degradačním procesům									
ODOLNOST PROTI PLOŠNÉ KOROZI má zaručenou schopnost pasivace a vyšší odolnost proti korozi v aktivním stavu; odolává kyselině sírové, fosforečné a dalším anorganickým kyselinám a agresivním prostředím lépe než ocel ČSN 17 346									
ODOLNOST PROTI MEZIKRYSTALOVÉ KOROZI při aplikaci stavu v silnějším korozním prostředí je nutno celou svařovanou součást přezíhat									
ODOLNOST PROTI OXIDACI ZA ZVÝŠENÝCH TEPLOT									
na vzduchu	— do 850 °C								
v oxidačním sírném prostředí (SO <sub>2</sub> )	— do 750 °C								
v redukčním sírném prostředí (H <sub>2</sub> S)	— do 600 °C								
v páře	— do 650 °C								
ODOLNOST PROTI TEČENÍ									
Mez pevnosti při tečení v tahu R <sub>mT</sub> [MPa] pro stav .4									
Teplota [°C]	550	575	600	625	650	675	700	725	750
R <sub>mT</sub> 10 <sup>4</sup>	260	220	179	143	111	74	65	50	39
R <sub>mT</sub> 10 <sup>5</sup>	196	155	118	90	69	49	37	28	23



**Technologické údaje****TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ**

rozpouštěcí žihání	1 020–1 080 °C	ochlazovat podle tloušťky na vzduchu nebo ve vodě
žihání ke snížení pnutí	850–950 °C	10–15 min. na teplotě, ochlazovat na vzduchu

**TVAŘITELNOST**

teploty tváření	1 150–850 °C	ochlazovat na vzduchu
-----------------	--------------	-----------------------

**SVAŘITELNOST**

podle ČSN 05 1310 zaručená

doporučené přídavné materiály pro svařování el. obloukem ručně VUS - AM 3F

k vyloučení vzniku mezikrystalové koroze se doporučuje provést po svaření rozpouštěcí žihání

**OBROBITELNOST**

		soustružení, hoblování	frézování, vrtání
polotovary [1] [2] [3]	stav .4	9b	9b

**Použití**

Pro stavbu zařízení (vč. tlakových nádob) v chemickém, farmaceutickém, textilním a potravinářském průmyslu do 850 °C, požaduje-li se odolnost v aktivním stavu, nebo vyskytují-li se v korozním prostředí ionty halogenních prvků. Vhodná pro prostředí, kde nehrozí nebezpečí mezikrystalové koroze v průběhu dlouhodobé expozice a je stabilní i pro použití na energetická zařízení do teploty 650 °C.

**Ostatní vlastnosti**

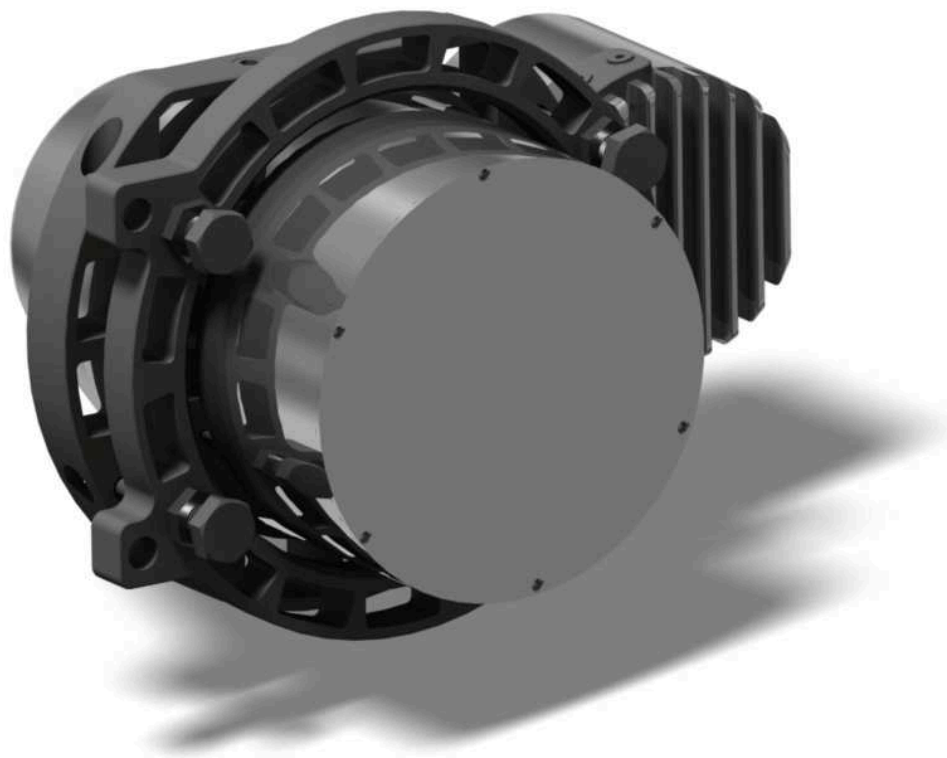
Druh oceli podle způsobu výroby	Barevné značení podle ČSN 42 0010	Třída odpadu podle ČSN 42 0030
elektroocel	červená–světlemodrá–žlutá	032

## PŘÍLOHA C

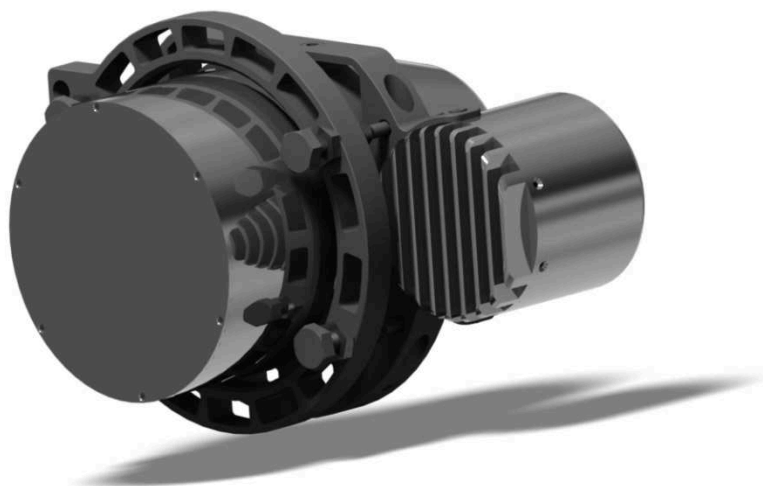
Rendery konstrukce



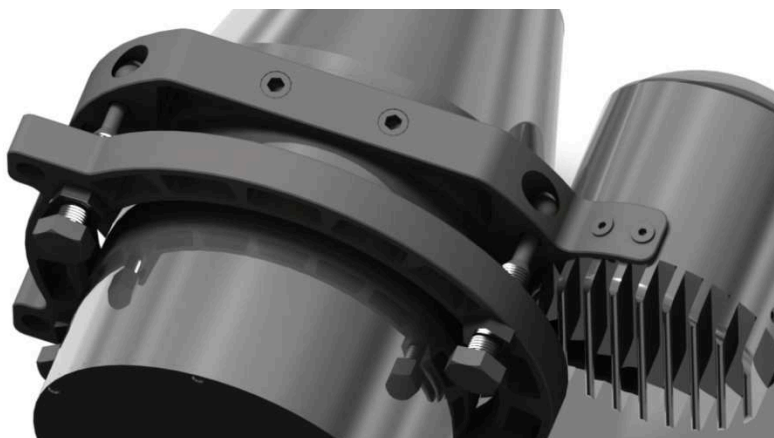
*Obr. 6.3 Render I*



*Obr. 6.4 Render II*



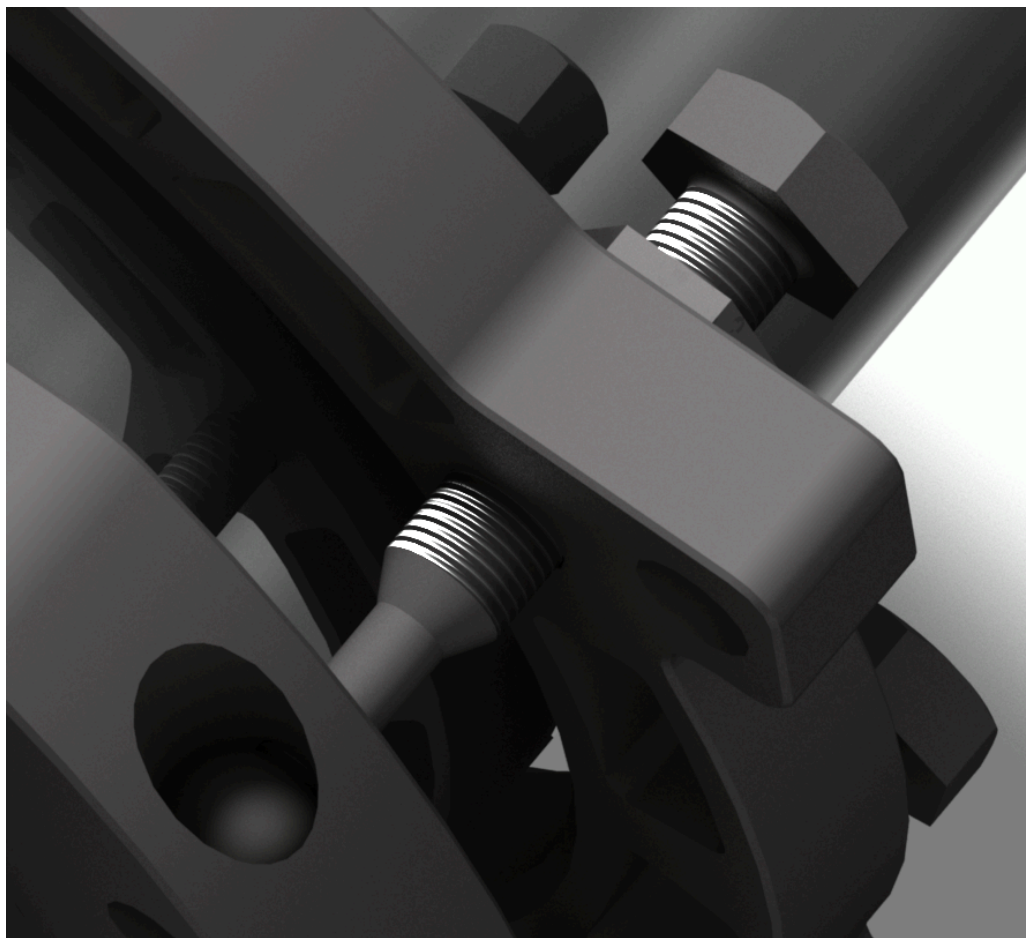
*Obr. 6.5 Render III*



*Obr. 6.6 Render IV*



*Obr. 6.7 Render V*



*Obr. 6.8 Render VI*



*Obr. 6.9 Render VII*



*Obr. 6.10 Render VIII*